

Розділ 9. Функціональна модель системи

1. Задачі системного аналізу, що вирішуються за допомогою комп'ютерних технологій

Керівники багатьох організацій, спеціалісти транспортних систем, інших спеціальностей мають справу зі складними технічними і організаційними системами. Технічні системи, як наприклад, трамвай, тролейбус, автомобіль, система електропостачання транспорту, система керування рухом на транспортних магістралях міста та інші мають високий ступінь складності і під час їх проектування та розробки, обслуговування чи керування їх роботою виникають досить складні проблеми. Рівень розвитку науки і техніки сьогодні дуже високий, але при розробці кожної складної технічної системи вирішити, як цей рівень втілити в конкретну систему, як врахувати усі можливі зв'язки й впливи складових частин системи досить важко. Для вирішення вказаних завдань проектування і керування роботою складних організаційних і технічних систем треба детально проаналізувати роботу їх складових частин і їх взаємодію [17].

Організаційні системи, такі, як: транспортна система країни, транспортна мережа міста, окремі види міського транспорту, метрополітен тощо, мають вищий ступінь складності, ніж технічні, оскільки в них, крім технічних засобів, входять люди, людські колективи, які спільно вирішують певне завдання. Проблеми, які виникають в організаційних системах вимагають глибокого вивчення та аналізу. У цьому ж ряду стоять проблеми розвитку міст з їх складною інфраструктурою, завдання розробки заходів по економії енергоресурсів, розробки раціональних транспортних маршрутів та багато інших. Великих зусиль потребують проблеми екології та збереження навколишнього середовища.

Поява нових приватних і державних підприємств також вимагає чіткої відповіді на запитання, як найкраще організувати їх роботу, яку структуру вони повинні мати? Де взяти фінанси і як їх повернути? Як врахувати ці різноманітні зв'язки і впливи, як найбільш ефективно організувати роботу фірм чи підприємств, зменшити затрати, одержати максимальні прибутки.

Для вирішення вказаних та багатьох інших завдань значною мірою використовують методи сучасного системного аналізу. Виконати такий аналіз допомагають спеціальні програмні продукти, відомі як CASE – технології. Вони дозволяють детально проаналізувати всі

зв'язки в системі, розробити і проаналізувати моделі вирішення проблем, використати ці моделі для прийняття конкретних рішень.

2. Характеристики CASE технологій

З появою сучасної обчислювальної техніки системний аналіз значно розширив свої можливості і все більше входить у повсякденну практику. Протягом останніх 30 років виникла і інтенсивно розвиваються комп'ютерні засоби аналізу систем. Спочатку вони використовувались для побудови інформаційних систем і були відомі як CASE технології [18-21]. Термін CASE (Computer Aided Software Engineering) використовується і в даний час доволі широко. Первісне значення терміну CASE, обмежене питаннями автоматизації розробки тільки програмного забезпечення інформаційних систем, сьогодні одержало нове звучання і охоплює процеси аналізу складних організаційних і технічних систем. Тепер під терміном CASE-засоби розуміють програмні засоби, що підтримують процеси аналізу і формулювання вимог до складних систем різного призначення, процеси створення і супроводження інформаційних систем, засоби проектування приладного програмного забезпечення.

Одним з напрямків цих технологій є методологія структурного аналізу та проектування - SADT методологія (Structured Analysis and Design Technique). Цей напрямок розробки програмних засобів обчислювальної техніки виник в 60 – 70х роках минулого сторіччя і знайшов розвиток в роботах Дугласа Росса та інших авторів [22]. Він широко застосовується при вирішенні проблем аналізу проектування та експлуатації складних систем. На його основі розроблена методологія IDEF0 (Icam DEFinition), що є головною частиною програми ICAM (Інтеграція комп'ютерних і промислових технологій), виконаної з ініціативи ВВС США. Методологію системного структурного аналізу використовують НАТО, Міжнародний валютний фонд, інші міжнародні організації та передові промислові фірми [21-25]. У 90-х роках минулого сторіччя були розроблені і прийняті міжнародні стандарти з використання SADT - технологій та побудови моделей складних систем, відомих як IDEF - моделі [26,27]. Ці моделі застосовують для розробки і вироблення стратегічних напрямків розвитку, для аналізу бізнес-процесів та ін. Характерними рисами вказаних технологій є :

- чітка мова опису систем, що має універсальний характер;
- використання комп'ютерної техніки;
- стандартизація;

- регламентація усіх етапів виконання аналізу – від постановки проблеми до кінцевого продукту та його впровадження у практичну діяльність.

Розглянемо ці особливості комп'ютерних технологій:

Мова опису систем в SADT - технологіях - це певна графічна мова зі строгими правилами, які ми вивчатимемо далі. Вона має універсальний характер і дозволяє описати найширше коло систем штучного і природного характеру, технічних та організаційних систем.

Використання комп'ютерної техніки в системному аналізі суттєво зменшує затрати праці на проведення аналізу, прискорює його виконання, забезпечує можливість працювати з великими обсягами інформації, накопичувати, зберігати і розповсюджувати одержані результати.

Стандартизація дозволяє: подолати різноманітність підходів до вирішення проблем системного аналізу, розуміти і використовувати вказану методологію спеціалістами різних наукових напрямків, керівниками та рядовими виконавцями, знаходити розуміння між спеціалістами різних країн. Основні нормативні документи затверджуються в міжнародних стандартах. Ці стандарти видають такі організації, як ISO та IEC (ISO - International Organization of Standardization - Міжнародна організація із стандартизації, IEC - International Electro technical Commission - Міжнародна комісія з електротехніки).

Регламентація етапів виконання аналізу забезпечує достовірність, надійність та наукову обґрунтованість результатів, можливість їх відтворення. Важливо відзначити, що саме регламентація етапів виконання аналізу є тією основою, яка перетворює побудову моделі в цілісну методологію (чи технологію), яка не тільки дозволяє побудувати модель, але й отримувати та документально оформляти нові знання про систему в процесі моделювання.

Зауважимо, що ці стандарти ще не набули широкого розповсюдження у нашій країні, їх знає і володіє ними в даний час тільки вузьке коло спеціалістів. Завдання даного посібника саме й полягає у поширенні цих знань.

Основою SADT - технологій є створення і аналіз моделей систем та їх подальше використання. Моделі систем, що об'єднують ці технології, можна розділити на дві великі групи, а саме:

- моделі, орієнтовані на функції систем (функціональні моделі),
- моделі, орієнтовані на об'єкти, які входять в систему (інформаційні моделі).

Першу групу моделей прийнято називати функціональними моделями, а другу - моделями даних, або інформаційними моделями. У

функціональних моделях головну роль відіграють функції, що виконують певні частини системи, а об'єкти системи служать інтерфейсами (зв'язками), які об'єднують ці функції. Моделі даних є ніби дзеркальним відображенням функціональних моделей. У них головна роль відводиться об'єктам системи (їх часто називають даними) а зв'язками між ними служать певні функції. Функціональні моделі відомі під позначенням IDEF0 - моделей, моделі даних – IDEF1. Ми обмежимо знайомство з цими технологіями тільки IDEF та деякими іншими найбільш розповсюдженими моделями. У цьому курсі ми здійснимо тільки перше знайомство з вказаними моделями. Більш детальне вивчення цих моделей є предметом інших дисциплін.

Для практичного використання CASE - технологій розроблені програмні продукти, що розповсюджуються на правах ліцензування. Оскільки кожний з програмних засобів охоплює тільки певне обмежене коло завдань, то засоби CASE - технологій об'єднують у комплекси і видають разом. Приклади таких комплексів наведено в [17 - 20]. Серед вказаних комплексів знаходяться пакети фірми Platinum: Designer/2000, куди входять програми BPwin та ERwin. Взаємозв'язок програмних продуктів, показано на рис. 22.

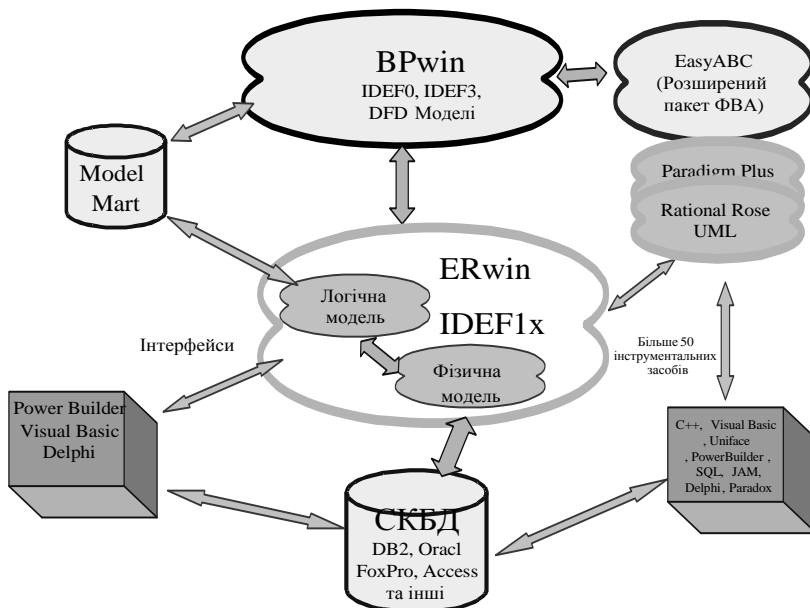


Рис. 22 - Програмні продукти CASE - технологій, що використовуються для виконання системного аналізу

Пакет BPwin дозволяє створювати моделі:

- IDEF0 (Icam DEFinition) - функціональна модель системи;
 - IDEF3 - логічна модель послідовності робіт;
 - DFD (Data Flow Diagrams) - модель потоків даних,
- а також виконувати функціонально-вартісний аналіз (ФВА).

Пакет ERwin призначений для створення моделей даних, а саме:

- IDEF1x - логічна і фізична моделі даних;
- ERD (Entity-Relationship Diagrams) модель “сутність – зв’язок”,

а також для встановлення взаємозв’язку між моделями даних і системами керування базами даних (СКБД).

Крім програмних продуктів BPwin та Erwin, у пакет програм входять:

- Model Mart – депозитарій моделей, призначений для зберігання створених моделей, в якому є великим набір раніше створених моделей і можливість їх використання при моделюванні;

- Easy ABC – розширений пакет функціонально-вартісного аналізу (ФВА), призначений для розширення можливостей виконання ФВА складних систем, коли засоби пакету Bpwin недостатні;

- інтерфейси з мовами програмування Power Builder, Visual Basic, Delphi;

- засоби об’єктно орієнтованого програмування Rational Rose UML, Paradigm Plus;

- засоби генерації на основі логічної моделі даних прикладних програм в основних типах систем керування базами даних (СКБД DB2, Oracle, FoxPro, Access та ін.) і зворотної генерації прикладних програм у логічні моделі даних пакету Erwin.

Розглянутий пакет програм забезпечує створення п’яти основних типів моделей систем і їх різновидностей. Кожна з вказаних моделей має свої особливості і суттєво відрізняється від інших. Ці моделі є подальшим розвитком більш простих моделей, розглянутих в попередніх розділах цього посібника. Якщо описані вище моделі відображають тільки певні сторони системи, певні види зв’язків у ній, то SADT - моделі є більш повним описом системи з точки зору її структури та функціонування. Це відноситься як до функціональних моделей, так і до моделей даних. Крім того, ці моделі створюються на комп’ютері. Комп’ютерні моделі є програмним продуктом, створеним на мові структурного програмування.

Всі найбільш відомі методології структурного програмування базуються на ряді загальних принципів. В якості основних двох базових принципів використовують такі [22]:

- принцип "поділяй і володай" - принцип вирішення складних проблем шляхом розбиття їх на множину менших незалежних завдань, які легкі для розуміння та вирішення;

- принцип ієрархічного впорядкування - принцип організації складових частин проблеми в ієрархічні древовидні структури з внесенням нових деталей на кожному рівні.

Виділення двох базових принципів не означає, що інші є другорядними. До найбільш вживаних принципів слід віднести такі:

- принцип абстрагування - полягає у виділенні суттєвих аспектів системи і абстрагування від несуттєвих;

- принцип формалізації - полягає в необхідності чіткого методичного підходу до вирішення проблеми, встановлення і дотримання формальних правил на всіх етапах виконання аналізу;

- принцип узгодженості - полягає в обґрунтованості та узгодженості елементів;

- принцип структурування даних - полягає в тому, що усі дані повинні бути структуровані й ієрархічно організовані.

Побудова SADT-моделі розпочинається з представлення всієї системи у вигляді найпростішої компоненти - одного блока і дуг, що показують зв'язки системи із зовнішнім середовищем. Оскільки єдиний блок представляє всю систему як одне ціле, ім'я, яке вказують в середині блоку, є загальним і відноситься до всієї системи. Вхідні й вихідні дуги також загальні і дають повний набір зовнішніх зв'язків системи в цілому.

Потім блок, що представляє систему як одне ціле, деталізується на другій діаграмі за допомогою декількох блоків, з'єднаних інтерфейсними дугами. Ці блоки представляють основні підфункції вихідної функції. Така декомпозиція виявляє повний набір підфункцій, кожна з яких представлена як блок, а границі блока визначені інтерфейсними дугами. Кожна з цих підфункцій таким же чином може бути піддана декомпозиції для більш детального представлення.

У всіх випадках кожна підфункція може містити тільки ті елементи, що входять у вихідну функцію. Крім цього в моделі не можуть бути пропущені будь-які елементи, тобто батьківський блок і його інтерфейси забезпечують повний загальний опис блоків декомпозиції (дочірніх блоків). До нього не можна нічого додати і вилучити.

Модель SADT являє собою серію діаграм із супровідною документацією. Ці діаграми розбивають складний об'єкт на складові частини, зображені у вигляді блоків. Деталі кожного блоку показані у вигляді діаграм декомпозиції.

Комп'ютерні моделі є не просто діаграмами, вони передбачають подальше використання для відтворення динаміки роботи системи, для створення систем керування, розробки баз даних та ін. SADT - моделі відповідають на запитання: як функціонує система, які процеси проходять в системі, як зробити, щоб система працювала найкращим способом і т. п. Моделі, як це вказано в попередніх розділах, можна використати для отримання відповіді на запитання відносно системи *C* з потрібною точністю *ε*.

Під час виконання системного аналізу з використанням вказаних програмних продуктів створюють, як правило, не одну а декілька моделей, а саме: модель AS-IS (як є) – модель, що описує систему в тому стані, в якому вона знаходиться в даний момент часу, та моделі TO-BE (як буде) – моделі, що описують систему після того, як будуть впорядковані й удосконалені всі процеси в системі, тобто моделі ідеальної системи, яка, на нашу думку, найбільш раціонально організує роботу системи. Методологія передбачає побудову декількох моделей TO-BE з тим, щоб серед них можна було вибрати кращу за певними критеріями.

3. Функціональна модель системи. Функціональні діаграми IDEF0

Функціональна модель системи будується на основі функціональної діаграми. Крім чисто функціональних діаграм IDEF0 ця модель може включати діаграми, орієнтовані на дані, а саме DFD та IDEF3. Отже, до складу функціональної моделі можуть входити такі діаграми:

- функціональні діаграми IDEF0;
- діаграми потоків даних потоків даних DFD (Data Flow Diagramming);
- діаграми опису послідовності процесів IDEF3 (Work Flow Diagramming);
- діаграма дерева вузлів функціональної моделі (Node Tree Diagramming).

У функціональній моделі діаграми IDEF0 відіграють головну роль. Діаграми DFD (потоків даних) і IDEF3 (опису послідовності процесів), як правило, доповнюють модель на нижніх рівнях декомпозиції, хоча вони можуть мати самостійне значення і будуватись як самостійні діаграми, починаючи з верхнього рівня. Діаграма Node Tree (дерева вузлів) просто демонстраційна, вона показує модель у загальному вигляді.

Серед названих діаграм у першу чергу розглянемо функціональну діаграму IDEF0. Сукупність таких діаграм складає функціональну мо-

дель. Остання призначена для аналізу функціонування технічних та організаційних систем. Вона відображає процеси роботи системи, взаємодію її частин у процесі функціонування. Технічними системами, які вона дозволяє вивчати, можуть бути машини, механізми й цілі автоматизовані виробництва. Організаційними системами можуть бути окремі фірми, промислові підприємства, галузі промисловості країни, взаємодія кількох країн при вирішенні певної складної міжнародної проблеми. Тобто область використання даної моделі є надзвичайно широкою. Одним з напрямків її використання є аналіз та удосконалення бізнес-процесів на підприємствах і розробка методів покращання ефективності їх роботи [17, 22-24, 27]. Функціональна модель дозволяє виконати детальний аналіз роботи системи, її функціонально-вартісний аналіз, розглянути і проаналізувати напрямки удосконалення роботи. Якщо розглядати тільки технічні системи, то дана модель дозволяє вирішити проблеми раціонального проектування складних технічних систем, зробити їх найбільш дешевими, простими, функціонально спрямованими.

Якщо ми вивчаємо роботу певної організаційної системи, наприклад, підприємства, то проблема тут в тому, що для покращання ефективності його роботи необхідно у всіх деталях проаналізувати, як воно працює. Треба знати не тільки, як працює підприємство в цілому, як воно взаємодіє з різними організаціями, але і як виконується робота на кожному робочому місці. Практично жодна людина не володіє такою інформацією. Керівник підприємства добре знає роботу підприємства в цілому, але він не в змозі знати особливості роботи всіх співробітників. Рядовий виконавець може добре знати свої обов'язки, деталі виконання певного завдання, але він погано знає, як працюють його колеги, як організована робота всього підприємства. Для покращання ефективності роботи підприємства необхідно зібрати знання великої кількості людей в одному місці, в одній моделі. Це дозволяє зробити функціональна модель IDEFO за методикою, затвердженою стандартами [26-27].

Розглянемо загальні характеристики IDEFO моделі. Дана модель, як уже відомо з попереднього, описує функції системи, тобто як система досягає своїх цілей, які процеси в ній відбуваються, як ці процеси пов'язані між собою. Модель являє собою деревовидну топологічну структуру і створюється на основі функціональної декомпозиції цілей та задач системи. Пояснимо, що це означає. Спочатку функції системи описуються в цілому без деталей. Цьому опису відповідає так звана контекстна діаграма. Вона має багато спільного з моделлю системи типу "Чорний ящик", тільки в ній вказується не назва системи, а головна її функція (ціль, завдання). У подальшому контекстна діаграма піддається функціональній декомпозиції. У результаті останньої головна функція

системи, описана в контекстній діаграмі, розбивається на підфункції (ціль - на підцілі, завдання - на підзавдання). Потім кожна підфункція розбивається на більш дрібні підфункції і т. д. до досягнення найбільш простого ступеня деталізації. Результат функціональної декомпозиції є розбиття функцій системи на елементарні процеси з точки зору аналізу, які можуть бути описані простими специфікаціями. Результат функціональної декомпозиції може бути зображений у вигляді ієрархічної моделі, яка має назву дерева вузлів функціональної моделі (Node Tree Diagramming). Дерево вузлів є каркасом функціональної моделі, але не самою функціональною моделлю. Ця діаграма показує загальний склад моделі. Вигляд її зображений на рис. 23.



Рис. 23 - Пример дерева узлов функциональной модели

Контекстная диаграмма изображается прямоугольником с входными и выходными величинами. На отличие от модели типа “Черный ящик” у

прямокутнику контекстної діаграми вказується не назва системи, а її основна функція (ціль системи). Входи й виходи контекстної діаграми розподілені не по двох, а по чотирьох сторонах прямокутника. Призначення цих сторін такі:

- Ліва сторона відповідає входам системи (input), величинам, які поступають у систему і переробляються нею у вихідні величини.
- Верхня сторона відповідає входам по керуванню (control), тобто різним керуючим діям, командам, стратегіям поведінки, процедурам, документам, що регламентують виконання роботи тощо. Ці величини не змінюються, а служать тільки для керування.
- Права сторона відповідає виходам системи (output), продуктам її діяльності, результатам перетворення вхідних величин, шкідливим виділенням, відходам тощо.
- Нижня сторона відповідає механізмам (mechanism), а саме засобам, ресурсам, за допомогою яких виконуються вказані в прямокутнику функції.

Вигляд контекстної діаграми показано на рис 24.

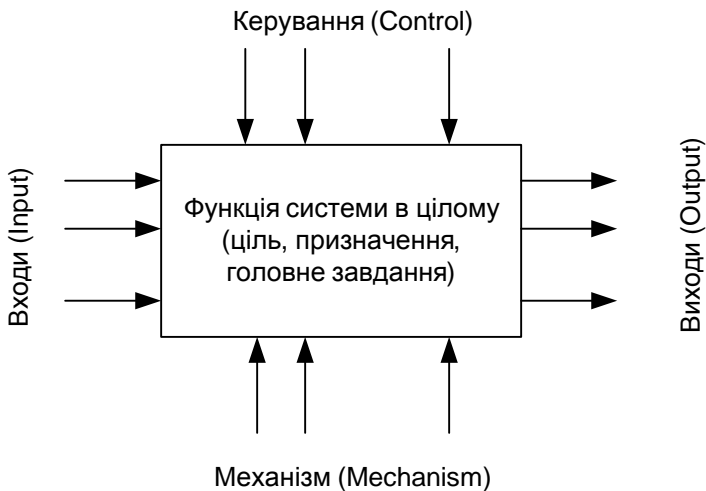


Рис. 24 – Загальний вигляд контекстної діаграми

Функціональна модель є подальшою деталізацією (декомпозицією) контекстної діаграми. Спочатку функція системи в цілому (ціль, призначення, головне завдання) розбивається на декілька окремих функцій (завдань, робіт, цілей). Таких функцій рекомендується вибирати від

2 до 6. Ці функції (їх деколи називають роботами) (activity) зображаються на окремому аркуші декомпозиції у вигляді функціональних блоків. Кожен функціональний блок (робота), яким виступає окрема функція (робота, ціль чи завдання), зображується прямокутником. Сторони прямокутників робіт (функціональних блоків) мають таке ж призначення, що й розглянуті вище сторони контекстної діаграми. Між окремими функціональними блоками встановлюють зв'язки, що відповідають логіці функціонування системи. Зв'язки між функціональними блоками зображуються стрілками (Arrow) (часто їх називають дугами). Кожна дуга (стрілка) відповідає передачі від блоку до блоку якогось конкретного об'єкта (предмета, речовини, документа, а інколи і усного розпорядження) чи їх сукупності. Дуги можуть розгалужуватись і зливатись, як це показано рис. 25.

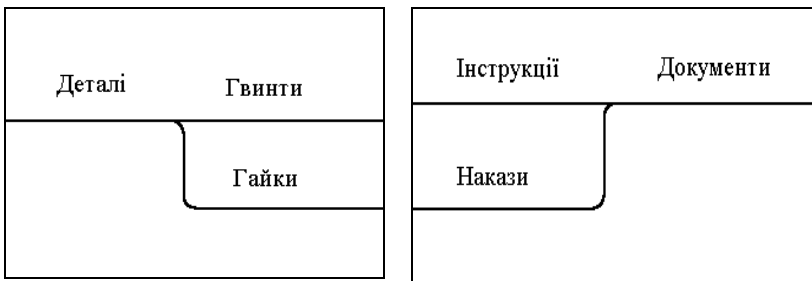


Рис. 25 - Розгалуження і злиття дуг

Дуга, що утворилась при злитті інших дуг, відповідає всім об'єктам, які містяться у дугах до їх злиття. Після розгалуження дуга може відповідати всім об'єктам або частині з них. Для того, щоб вказати, яким саме об'єктам відповідає дуга, на ній ставлять мітку, присвоюють назву і супроводжують описом об'єктів. Встановлення міток дуг, присвоєння їм назви і опис об'єктів, яким вони відповідають, повинні задовольняти певним правилам, які будуть розглянуті далі.

У моделі IDEF0 існує п'ять типів зв'язків між функціональними блоками. Кожному з них відповідає певне розміщення дуг відносно блоків. Типи зв'язків такі:

- вхід – вихід,
- керування,
- вихід – механізм,
- зворотній зв'язок по керуванню,
- зворотній зв'язок по входу.

Вони зображені на рис. 26.

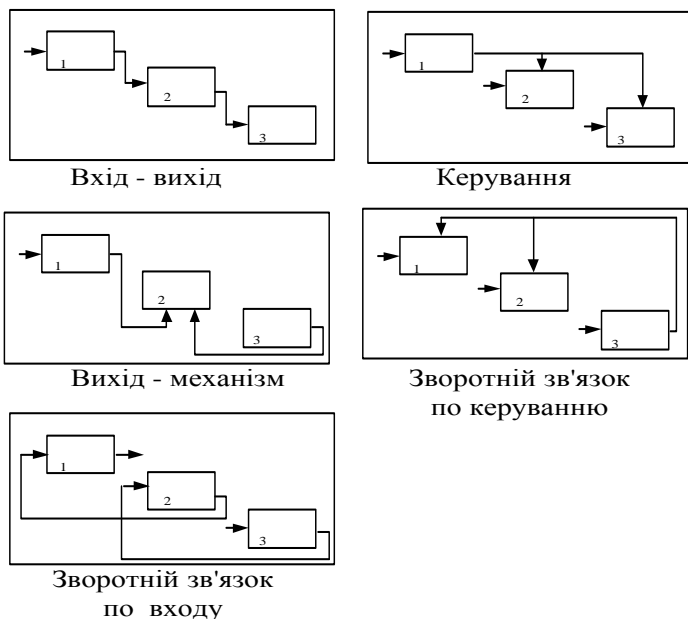


Рис. 26 - Типи зв'язків блоків функціональної моделі IDEF0

Фрагмент реальної моделі зі зворотнім зв'язком по керуванню показано на рис. 27.

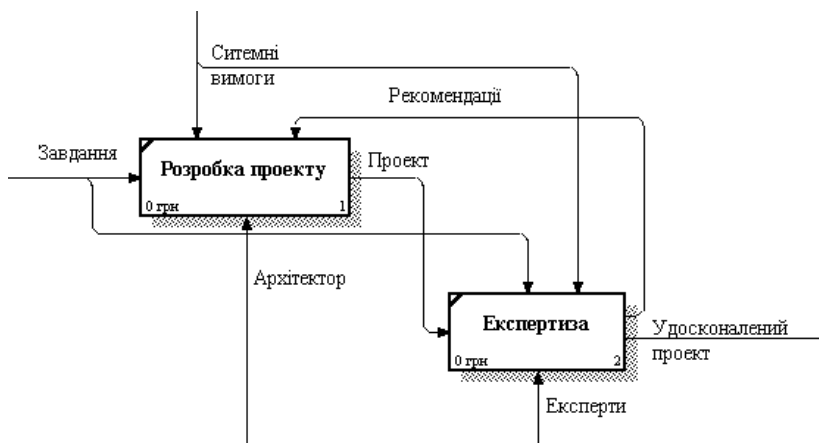


Рис. 27 - Зворотній зв'язок по керуванню

Читати таку модель треба наступним чином. Проектування складається з двох етапів, а саме, розробки проекту та його експертизи. Блок “Розробка проекту” є пріоритетним: розміщується в лівому верхньому куті діаграми і має номер 1. Розробка проекту виконується архітектором, що показано відповідною дугою механізму “Архітектор”. Вхідною величиною блоку “Розробка проекту” є завдання на проектування, показане вхідною дугою “Завдання”. Обмеження на розробку обумовлені системними вимогами, показаними вхідною дугою “Системні вимоги” та рекомендаціями експертизи “Рекомендації”. Результатом розробки є сам проект, показаний на діаграмі вихідною дугою “Проект”. Розроблений проект проходить експертизу. Він є вхідною величиною блока 2 “Експертиза”. Експертизу виконують експерти, які керуються системними вимогами і завданням на проектування. Між експертами і архітектором існує зворотній зв’язок, який полягає в тому, що експерти видають рекомендації для покращання проекту. Це показано дугою зворотного зв’язку “Рекомендації”, яка є вихідною для блоку 2 і дугою керування блоку 1. Відповідно до рекомендацій експертів проект покращується і при його достатній розробці експерти видають його замовнику, що показано вихідною дугою “Удосконалений проект”.

Функціональна модель будується на декількох сторінках і роздруковується на аркушах паперу. На першому аркуші будують контекстну діаграму, на другому аркуші - діаграму декомпозиції контекстної діаграми, на наступних аркушах - діаграми декомпозиції кожного функціонального блоку. Таким чином, уся модель складається з ряду діаграм декомпозиції функціональних блоків. Крім діаграм декомпозиції до складу моделі може також входити діаграма вузлів функціональної моделі, окремі діаграми, які мають назву діаграм для експозиції (позначаються FEO – діаграми), звіти по всій моделі, по стрілках, по блоках, по функціонально-вартісному аналізу та інші документи. Усі документи оформляють за певними правилами, нумерують, об’єднують в один документ. Комп’ютерний варіант моделі міститься в пам’яті комп’ютера і може бути збережений у вигляді окремого файла з розширенням *.bpl.

4. Побудова функціональної моделі системи (моделі IDEF0)

Перед визначенням і описом порядку побудови моделі слід зробити декілька зауважень:

1. Всяка SADT модель вимагає точного визначення границь системи, цілей моделювання, точки зору, контексту розгляду системи.

2. SADT моделі вимагають, щоб система розглядалась весь час з однієї точки зору, оскільки зміна точки зору може зробити модель неадекватною. Точка зору диктує підбір потрібної інформації та спосіб її подачі.

3. SADT моделі будуються з верхнього рівня “з голови”. У них діаграми нижчого рівня є деталізованими діаграмами верхнього рівня. Кінцевий результат це ієрархічна структура діаграм.

На початку побудови функціональної моделі необхідно чітко визначити:

- границі системи,
- ціль моделювання,
- контекст розгляду системи
- точку зору,

тобто відповісти на запитання, які є вихідними усякого системного аналізу.

Ціль є напрямком діяльності і критерієм закінченості моделі. Визначаючи ціль, слід розрізняти:

- ціль системи, для якої будують функціональну модель і
- ціль моделювання.

Ціль системи визначає зміст моделі її конкретне наповнення. Всяку модель ми будуємо відповідно до її цілі, до завдань, які виконує система.

Ціллю моделювання може бути виконання певного завдання, вивчення системи, розробка та удосконалення системи і т.п. Ця ціль визначає обсяг роботи, потрібний ступінь деталізації системи, розміри моделі в глибину і ширину.

Точка зору визначається тим, з погляду якої особи ми розглядаємо модель, точка зору якої особи найбільш повно відповідає цілі моделювання.

Усяка модель повинна бути цілісною і розглядатися з однієї точки зору. Різні точки зору приводять до різних моделей, а зміна точки зору в ході моделювання не допускається, оскільки може призвести до невірної опису системи, до неадекватної моделі. Наприклад, система “Тролейбусне депо”. Модель системи виглядатиме по-різному, якщо розглядати з різних точок зору. Для директора головними елементами є робочий колектив, підрозділи депо, виконання ними своїх функцій, одержання прибутку та оплата праці. Для головного інженера в основі знаходяться технологічні процеси роботи депо, їх технічне забезпечення, технічний рівень виконання операцій, використання наукових досягнень, технічний стан обладнання. Для економіста найбільш важливою є економічна ефективність роботи підрозділів, наявність фінансових ре-

сурсів, одержання прибутку від діяльності. Для начальника служби охорони праці найбільш важливими є умови праці кожного робітника, обладнання робочих місць засобами захисту, організація профілактичної роботи по дотриманню правил охорони праці і т.п. Отже, всяка система виглядає по-іншому з різних точок зору. Модель системи повинна виконуватися з однієї точки зору. Зміна точки зору в ході моделювання приводить до змішування і створення еkleктичної моделі, яка не може дати відповіді на жодне запитання. Для повного опису системи інколи виникає потреба розглядати її з різних точок зору, але в такому разі необхідно будувати декілька моделей. У кожній моделі система розглядається тільки з однієї точки зору.

Слід зауважити, що під час побудови моделі при переході від одного рівня декомпозиції до іншого виникає потреба розглядати систему з точки зору виконавців конкретних функцій чи робіт. Така зміна точки зору є потрібною і корисною. Вона дозволяє одержати найбільш інформативну й корисну модель. Для забезпечення цілісності моделі тут потрібно на кожному етапі декомпозиції контролювати, як функції елементів відповідають загальній точці зору на модель, чи не змінюється ця точка зору. На кожному етапі моделювання загальна точка зору повинна залишатися незмінною, а змінюється тільки рівень деталізації.

Контекст розгляду системи визначає оточення, в якому ми розглядаємо систему. В попередніх розділах опису найпростіших типів моделей було розглянуто характеристики зовнішнього середовища. Контекст розгляду системи якраз і включає зовнішнє середовище з його характеристиками.

На початкових етапах побудови функціональної моделі необхідно зібрати якомога більше інформації про систему, виконати всі попередні етапи системного аналізу, а саме: опис на вербальному рівні, історичний, морфологічний та функціональний аналіз і побудувати найпростіші моделі. Попередньо побудовані моделі “Чорний ящик”, “Склад системи”, “Структура системи” і “Структурна схема” значно полегшують побудову функціональної моделі.

Побудова функціональної моделі полягає у функціональній декомпозиції системи. Виконуючи декомпозицію, окремі функції системи розбивають на підфункції і зображують у вигляді ієрархічної структури. Під час аналізу систем, які існують, а не проектуються, найбільш часто функціональну декомпозицію виконують на основі реальної структурної схеми системи. У першу чергу визначають функції окремих підсистем і ставлять їм у відповідність функціональні блоки. Функціональні блоки не обов'язково повинні відповідати структурним одиницям системи, оскільки кожна структурна одиниця може виконувати декілька

функцій або одну функцію можуть здійснювати декілька підсистем. Допускається виконувати функціональну декомпозицію незалежно від структурної схеми системи, а орієнтуватись тільки на функції, які повинна виконувати кожна підсистема. Це часто роблять з ціллю реінженірингу систем, тобто з ціллю перебудови і удосконалення роботи системи. Для систем, які проектується, функціональну декомпозицію виконують раніше розробки структурної схеми, а структурну схему розробляють вже на основі функціональної моделі.

Як правило, орієнтовну декомпозицію системи бажано видавати під час підготовки до моделювання. Виділеним функціональним блокам системи слід присвоїти імена відповідно до їх функцій. Імена функціональних блоків повинні відображати функцію дієсловом, дієслівним зворотом або віддієслівним іменником. Присвоєння інших імен вважається помилкою. Результати функціональної декомпозиції, виконаної на початку побудови моделі, бажано зобразити на папері у вигляді дерева вузлів.

Наступним кроком підготовки до побудови функціональної моделі є визначення всіх вхідних і вихідних величин функціональних блоків - робіт (згідно з прийнятою термінологією, англ. - activity). Тут треба розглянути величини, що поступають у кожний блок та виходять з нього. А саме: які величини є вхідними, які результатами діяльності, які забезпечують умови виконання функцій кожним блоком. Слід мати на увазі, що крім технологічних операцій, вказаних у найменуванні функціонального блоку, повинні відображатися і операції інформаційного характеру, керуючі дії, тобто кожен блок повинен мати вхід по керуванню. Після цього приступають до побудови функціональної моделі.

Функціональна модель являє собою ряд діаграм, а саме контекстну діаграму, діаграми декомпозиції та деяких інших документів. Елементи контекстної діаграми і діаграм декомпозиції є такими:

- функціональні блоки (роботи) – activity;
- інтерфейсні дуги (стрілки) - arrow.

Функціональні блоки діаграм – роботи (activity) зображаються прямокутниками. Сторони прямокутника мають таке призначення:

- вхід (input);
- керування (control);
- вихід (output);
- механізм (mechanism).

Ліва сторона є входом. Вхідні величини відповідають об'єктам, що поступають (входять) у блок і перетворюються в ньому у вихідні величини.

Верхня сторона відповідає входам по керуванню. Ними, як правило, повинні бути конкретні керуючі дії, документи, правила, стандарти, обмеження, що зумовлюють виконання функцій блоком.

Права сторона є виходом блоку. Вихідним величинам відповідають результати діяльності функціонального блоку, те, у що перетворюються вхідні величини.

Нижня сторона відповідає механізмам. Механізмами є те, що в даній системі забезпечує виконання функцій, наприклад, обладнання, спеціалісти, а також потрібні ресурси.

Таке призначення сторін блоків відповідає системним принципам, а саме: усяка робота виконується над деякими об'єктами, що є вхідними. Вона перетворює вхідні об'єкти у вихідні. Керування регламентує виконання роботи, а механізм забезпечує всі необхідні умови для її виконання.

Під час визначення вхідних величин інколи важко визначити, куди віднести дану величину: безпосередньо до входу чи до керування. Тут треба користуватися таким правилом: якщо дана величина у блоці перетворюється в одну чи декілька вихідних величин, то її вважають вхідною, якщо вона використовується, але безпосередньо не перетворюється в жодну з вихідних величин і не змінюється, то її відносять до входу по керуванню (інколи до механізму).

Кожен блок повинен мати принаймні одну керуючу і одну вихідну величини. Зрозуміло, що блок, який не має вихідної величини, на діаграмі не повинен бути (це робота, яка не дає ніякого результату). Відсутність вказаних дуг при синтаксичному аналізі діаграми буде вважатися помилкою.

Інтерфейсні дуги (стрілки) – аггов на діаграмах декомпозиції встановлюють зв'язки між окремими функціональними блоками (роботам). Слово “інтерфейс” означає зв'язок, англійською мовою – це те, що стоїть між обличчями. Тобто дуги зв'язують роботи між собою. Вони відповідають тим об'єктам, які циркулюють між блоками, передаються від блоку до блоку при функціонуванні системи.

Усі дуги повинні мати імена. Під час присвоєння імені дузі вказують опис об'єктів, яким вона відповідає. Імена дугам присвоюють у місцях встановлених міток. Мітки на дугах слід розставляти відповідно до таких правил:

- Кожна дуга повинна мати ім'я.
- Після розгалуження дузі можна присвоювати нове ім'я або не присвоювати.
- Якщо після розгалуження дузі не присвоєно нове ім'я, то вона містить всі об'єкти, які містила до розгалуження.

- Якщо після розгалуження дуга містить частину об'єктів, то вона має бути пойменована і повинен бути вказаний (чи зрозумілий з назви) перелік об'єктів, яким вона відповідає.

- Після злиття дуга обов'язково повинна бути пойменована.

На діаграмах декомпозиції допускається тунелювання дуг. Тунелювання - це умовне позначення дуг без безпосереднього нанесення їх на діаграму. Тунелювання має на меті спростити зображення діаграм і облегшити їх читання. Дійсно, якщо діаграма декомпозиції має, наприклад, 6 функціональних блоків і кожен блок має по декілька дуг з різних сторін, то ці дуги можуть так переплітатись, що читати діаграму буде важко. Тунелювання дозволяється виконувати тільки для другорядних дуг. Дуги, що виходять з батьківської діаграми і відносяться до усіх блоків дочірньої діаграми, можуть не зображатися. Закінчення такої дуги біля виходу з батьківської діаграми береться в дужки (тунелюється) і в подальших діаграмах не вказується. Таке позначення називають "не в дочірній діаграмі". Тунелювання може бути і таке, що дуга не вказується у батьківській діаграмі, а з'являється в дочірній. Така дуга позначається дужками біля входу у блок, що означає "не на батьківській діаграмі".

Розглянемо порядок побудови функціональної моделі. Використовуючи вказані правила, функціональну модель можна побудувати як безпосередньо на папері за допомогою олівця, так і за допомогою комп'ютера з використанням пакету програм VPwin. Побудова діаграм на папері порівняльно легка, коли вся модель має один, два рівні декомпозиції. Якщо таких рівнів більше, то виникають труднощі, які доволі важко перебороти. Тому функціональну модель рекомендується будувати за допомогою комп'ютера. Правила роботи з комп'ютером і введення моделі вказані у [45] і тут їх детально розглядати не будемо, а тільки відзначимо головні моменти побудови. Зауважимо, що перед початком роботи треба забезпечити на носії інформації, а саме на вінчестері комп'ютера місце для розміщення моделі, тобто створити папку і в подальшому розміщувати всі результати роботи саме в цій папці.

Після завантаження програмного пакету VPwin необхідно:

- відкрити новий документ;
- вибрати тип моделі IDEF0;
- присвоїти їй власне ім'я;
- вказати відомості про автора розробки;
- зберегти файл моделі у попередньо створеній папці.

Після цього приступають до введення інформації за створюваною моделлю. Ця інформація повинна містити:

- визначення функцій системи;

- цілі моделювання;
- контекст розгляду системи;
- точку зору, з якої розглядується система;
- відомості про авторів розробки;
- перелік джерел інформації.

Всі ці дані заносять у відповідні розділи моделі на початку її побудови.

Побудову функціональної моделі починають з контекстної діаграми. Контекстна діаграма - це початкова діаграма моделі, що характеризує функції системи взагалі (без деталізації) і зв'язки системи з навколишнім середовищем. Бланк контекстної діаграми містить тільки один функціональний блок. У ньому вказують функцію системи взагалі (її ціль, основне призначення). При цьому дотримуються вимог заповнення функціональних блоків (блоків робіт - activity), а саме: назва блоку повинна бути подана дієсловом, дієслівним зворотом чи придієслівним іменником. Інші назви блоків розглядаються як помилка. При необхідності вводять пояснення до назви блоку в розділі definition, який має кожен блок.

До функціонального блоку діаграми підводять вхідні й вихідні величини системи у вигляді стрілок (дуг - arrow), які характеризують зв'язки системи з навколишнім середовищем. Для всіх вхідних величин (дуг) дають пояснення. Ці пояснення записують у словник за допомогою діалогових вікон. У словнику бажано вказати не тільки саме ім'я, а також пояснення до нього і джерело інформації. Пояснення імені дуги потрібне, оскільки ім'я, як правило, буває коротким і не відображає усіх об'єктів, що відповідають дузі. Джерела інформації особливо потрібні для дуг керування. Це можуть бути певні документи, стандарти, розпорядження, для яких необхідно вказати вихідні величини, а саме номер, дату створення, місце публікації тощо. У подальшому введені відомості можна використати при розробці словника термінів по моделі, переліку джерел інформації та ін.

Після побудови контекстної діаграми переходять до побудови наступних діаграм моделі. Ці діаграми є діаграмами декомпозиції. Діаграму декомпозиції будують у такому порядку. Вибравши значок декомпозиції, в діалоговому вікні вказують тип діаграми, яка буде побудована. (Пакет VPwin дозволяє будувати складні моделі з різними типами діаграм.) Треба вказати діаграму IDEF0 і кількість блоків декомпозиції. Діалогове вікно вибору кількості блоків декомпозиції за типом діаграми декомпозиції показане на рис. 28.



Рис. 28 - Діалогове вікно вибору типу діаграми і кількості блоків декомпозиції

Кількість блоків декомпозиції рекомендується вибирати в границях від 2 до 6. Обмеження зумовлені тим, що не має сенсу декомпозиції, яка замінює один блок іншим, а число 6 рекомендоване тому, що діаграма, в якій більше 6 блоків і зв'язків між ними, стає складною і читати її важко (в пакеті VPwin допускається вводити до 8 блоків). Після вибору типу діаграм та кількості блоків робіт з'являється бланк діаграми декомпозиції на зразок, показаний на рис. 29.

Бланк діаграми декомпозиції містить блоки робіт, розміщені зверху – вниз, зліва – направо. Використовуючи цей зразок, дамо пояснення змісту діаграм декомпозиції та правил їх побудови. Розміщення функціональних блоків зверху – вниз, зліва – направо називають домінантним. У верхньому лівому куті розміщується блок роботи, яку вважають найбільш пріоритетною, нижче і правіше знаходяться блоки менш пріоритетних функцій, або у випадку, коли діаграма зображує поопераційне виконання певних робіт, то домінантність блоків визначає порядок виконання робіт, яким ці блоки відповідають. Блоки функціональної діаграми мають порядковий номер і закреслений лінією верхній кут. Нумерація блоків відповідає їх пріоритетності й служить для встановлення єдиного порядку блоків у всій моделі. Закреслений лінією лівий верхній кут блоку є ознакою, що даний блок ще не піддавався операції декомпозиції. Якщо у подальшому виконати декомпозицію цього блоку, то помітка буде знята, якщо не виконувати, то вона залишиться на діаграмі.

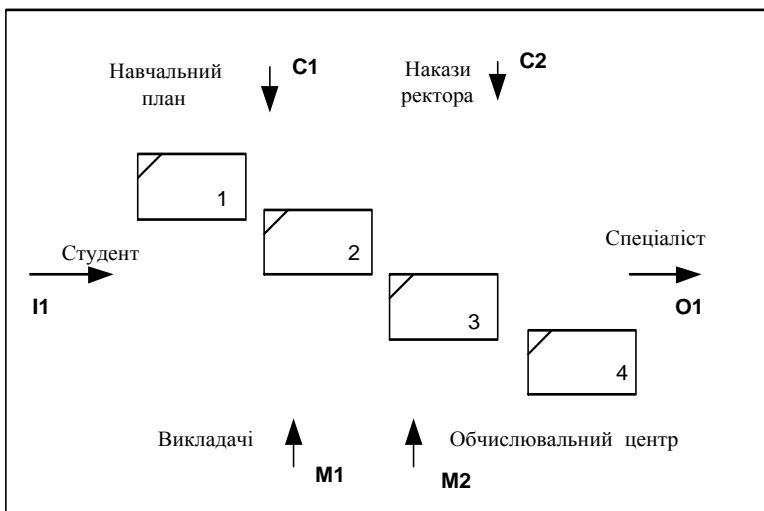


Рис. 29 - Зразок бланку декомпозиції

По краях діаграми розміщуються незв'язані граничні дуги, які мігрують з блоку контекстної діаграми. Розміщення граничних дуг відповідає призначенню сторін функціонального блоку. Дуги мають позначення відповідно до ICOM кодами. ICOM - це скорочення англійських позначень: I – Input (вхід), C – Command (керування), O – Output (вихід), M – Mechanism (механізм). Позначення дуг містять літеру і порядковий номер. Позначення дуг ICOMS кодами та цифрами є додатковим позначенням і служить для полегшення використання діаграми. (Дуги також мають власне ім'я, яке їм присвоєне у попередній, в даному випадку контекстній діаграмі). Позначення дуг ICOMS кодами важливе при ручній побудові діаграм безпосередньо на папері, оскільки воно дозволяє уникати можливих помилок. При побудові моделі на комп'ютері ICOMS коди не відіграють такої ролі, оскільки програмний пакет забезпечує автоматичне перенесення дуг на діаграмах декомпозиції та контроль за їх використанням. Тому позначення ICOMS кодів може бути відключене.

Заповнення діаграми декомпозиції розпочинають з присвоєння імен функціональним блокам. Всі блоки повинні бути поійменовані відповідно до вказаних раніше правил відносно назви блоку, тобто блок повинен мати назвою дієслово, дієслівний зворот чи придієслівний іменник. Введені імена блоків при необхідності супроводжують пояс-

ненням та іншою потрібною інформацією. Ця інформація записується у словник моделі.

Наступним кроком є рознесення незв'язаних граничних дуг. Всі граничні дуги повинні бути проведені до тих блоків, до яких вони відносяться. У разі потреби конкретна дуга може бути розгалужена і підведена до декількох блоків.

Після рознесення граничних дуг будують внутрішні дуги, які пов'язують блоки робіт між собою відповідно з логікою функціонування системи. Внутрішні дуги повинні встановлювати зв'язки між блоками. Існує, як було відмічено вище, 5 типів таких зв'язків. Відповідно до них і логіки функціонування системи внутрішні дуги можуть з'єднувати різні сторони блоків робіт, зливатися і розгалужуватися. Крім відмічених п'яти типів зв'язків інші не можуть бути виконані і пакет програм цього не допустить. У випадку побудови моделі олівцем на папері дуги, які не відповідають вказаним типам зв'язків, можуть бути зображені, що є синтаксичною помилкою діаграми.

За ходом побудови діаграми кількість функціональних блоків може бути змінена, можна ввести додаткові блоки або вилучити блоки, які вважаються непотрібними. Можна також поміняти блоки місцями відповідно до їх домінантності в діаграмі. При зміні місць блоків нумерація їх також змінюється. Ці можливості забезпечують зручність побудови діаграм, виправлення помилок, допущених на одному з етапів побудови моделі.

Побудову діаграми декомпозиції необхідно закінчити перевіркою її на наявність синтаксичних помилок. Це здійснюється за допомогою спеціальної підпрограми, яка викликається за допомогою меню пакету і виводить звіт про наявність помилок у діаграмі. Виправлену, без синтаксичних помилок, діаграму роздруковують і піддають експертизі на адекватність відображення системи. Порядок проведення експертизи розглядається дещо нижче.

Після побудови діаграми декомпозиції першого рівня приступають до декомпозиції її функціональних блоків. Декомпозицію виконують аналогічно декомпозиції контекстної діаграми з тією різницею, що перед декомпозицією потрібно вказати, який саме блок діаграми піддається декомпозиції. Виконавши декомпозицію діаграми першого рівня, необхідно виконати аналіз моделі на наявність синтаксичних помилок, виконати експертизу на адекватність моделі, а потім приступити до декомпозиції діаграм другого рівня. Аналогічно поступають і після декомпозиції діаграм другого і наступних рівнів. Закінчення декомпозиції визначають за вимогами цілі моделювання, та за тією ознакою, що блоки декомпозиції є елементарними роботами. Декомпозиції можна підда-

вати не всі роботи, а тільки ті, які, виходячи з цілей моделювання, вимагають виконання декомпозиції. По завершенні декомпозиції моделі одержується цілий ряд діаграм на зразок, показаний на рис. 30.

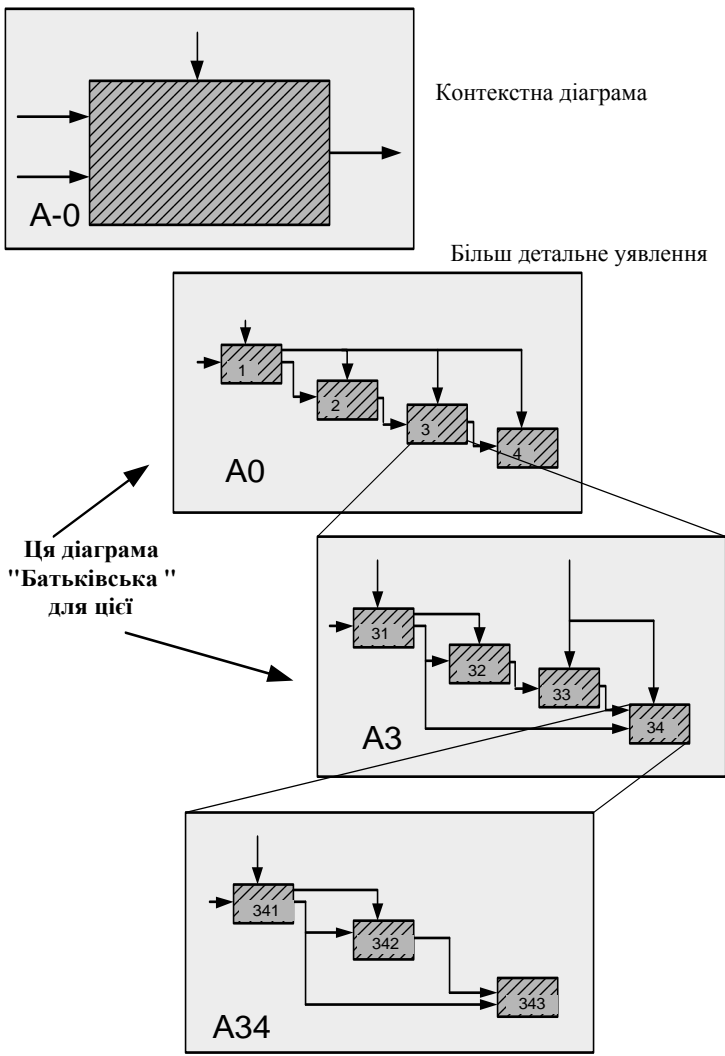


Рис. 30 - Розміщення діаграм декомпозиції функціональної моделі

Кожна діаграма функціональної моделі системи має позначення. Система позначення є такою. Контекстна діаграма позначається А - 0. Декомпозиція контекстної діаграми (діаграма першого рівня декомпозиції) - А0, декомпозиція функціональних блоків діаграми першого рівня - А1, А2, А3, ..., декомпозиція блоків діаграми А1 - двома цифрами А11, А12, А13, ..., блоків діаграми А2 - двома цифрами А21, А22, А23, Наступні діаграми декомпозиції позначаються літерою А з трьома цифрами, подальші (якщо вони є) з чотирма цифрами і т. д. Проте більшість моделей обмежується діаграмами 3 – 4 рівня, оскільки дерево декомпозиції стає великим у глибину і модель є складною. Для великих організаційних систем модель може включати сотні, або тисячі аркушів. у разі необхідності працювати з моделями, що мають багато діаграм на різних рівнях декомпозиції, їх розбивають на ряд менш складних моделей і розглядають самостійно. Таке розбиття і з'єднання декількох моделей в одну передбачене пакетом BPwin. Воно застосовується, коли виникає необхідність колективу аналітиків працювати з великими системами. Це дозволяє кожному виконувати свою роботу незалежно від інших, а потім об'єднувати результати роботи.

Приклад функціональної моделі для нескладної системи “Токарна дільниця” наведено на рис. 31, 32.



Рис. 31 - Контекстна діаграма системи “Токарна дільниця”

На рис. 31, 32 показаний приклад побудови функціональної моделі системи “Токарна дільниця”. Модель складається з двох діаграм: контекстної і діаграми декомпозиції.

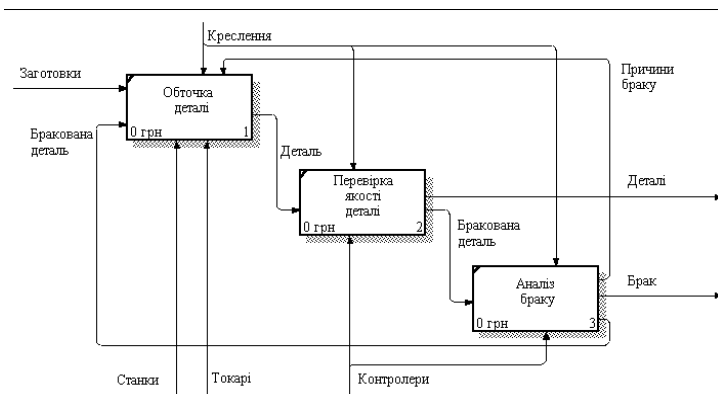


Рис. 32 - Діаграми декомпозиції системи “Токарна дільниця”

Контекстна діаграма являє собою один блок, в якому вказана головна функція системи, а саме “Виготовлення деталей”. Вхідною величиною є заготовка деталі. Вона показана дугою “Заготовка” і підходить до лівої грані блоку контекстної діаграми. Входом по керуванню, тобто обмеженнями, що накладаються на виготовлення деталей, є “Креслення”. У виготовленні деталі беруть участь “Токарі” і “Контролери”. Виготовлення ведуть за допомогою “Верстатів”. “Токарі”, “Контролери” і “Верстати” показані як механізм, тобто підходять до блоку з нижньої сторони. Вихідними величинами є “Деталь” і “Брак”. Контекстну діаграму можна читати таким чином: Токарі з участю контролерів за допомогою верстатів виготовляють із заготовок відповідно до креслення деталі. Результатом їх роботи є готова деталь або брак.

Діаграма декомпозиції має у своєму складі три роботи, а саме: “Обточка деталі”, “Перевірка якості деталі” та “Аналіз браку”. Пріоритетною і першою за чергою є робота “Обточка деталі”. Токарі відповідно до креслень обточують на верстатах заготовки і одержують деталь. Виготовлені деталі передають на перевірку якості. Перевірка здійснюється контролерами відповідно до креслень. Перевірені деталі, залежно від результату перевірки, передають в інші системи (є вихідними величинами), або бракуються і передаються для аналізу причин браку. Після аналізу причин браку, який здійснюють контролери, деякі деталі знову надходять на обточку, а інші бракуються повністю і виходять із системи як невиправний брак. Після аналізу причин браку інформація про результати аналізу передається токарям, які обточують деталі. Ця інформація служить для них керуючою інформацією і призначена для покращання роботи.

5 Діаграма потоків даних (DFD діаграма)

Наступним аспектом функціональної моделі є відображення потоків даних за допомогою діаграм DFD (Data Flow Diagramming). Ці діаграми у функціональній моделі можуть доповнювати те, що вже показано в IDEF0 діаграмах. Вони описують потоки даних між окремими роботами системи. Під потоками даних у даному випадку розуміють як матеріальні так і інформаційні потоки. Матеріальні потоки - це, наприклад, сировина, матеріали, заготовки, продукти виробництва, обладнання, транспортні засоби та ін. Інформаційні потоки – це інформація про замовлення, дані про стан ринку, про наявність сировини, запасних частин, запаси на складах, виконані роботи, вузькі місця у виробництві, виготовлена продукція, інформація про вартість, команди керування та ін.

Діаграми DFD – це другий з трьох типів діаграм функціональної моделі, що дозволяє побудувати програмний пакет BRwin. Ці діаграми відносяться до функціональних моделей, оскільки основними елементами в них є роботи, а дані виступають як інтерфейси, які зв'язують роботи між собою. На відміну від IDEF0 діаграм у них більша увага приділяється потокам даних. Залишаючись функціональними моделями, вони дозволяють більш детально відобразити інформаційну сторону системи, а саме потоки даних у системі, їх декомпозицію і послідовність передачі і збереження даних. Як правило, ці діаграми включають у функціональну модель як доповнення до IDEF0 діаграм на більш низькому рівні декомпозиції. Таке доповнення робить більш зрозумілим функції системи, розширює їх, деталізує в інформаційному аспекті.

Основні елементи діаграми потоків даних DFD такі:

- роботи (функції обробки інформації);
- потоки даних (дуги вхідних й вихідних величин);
- сховища даних;
- зовнішні сутності.

Роботи в DFD - діаграмах зображають функції перетворення даних в системі, в тому числі матеріальних об'єктів та інформації. За своєю суттю вони співпадають з роботами на IDEF0 - діаграмах. Вони зображаються прямокутниками із заокругленими краями (рис. 33). Як і роботи в IDEF0 - діаграмах вони мають входи й виходи, але не підтримують керування і механізмів.



Рис. 33 – Роботи на DFD діаграмах

Дуги (потоків даних) описують рух даних з однієї частини системи в іншу, від одного блоку робіт до другого і зображуються лініями. Оскільки кожна сторона блоку роботи в DFD - діаграмах не має чіткого призначення, то дуги входу й виходу можуть бути приєднаними до будь-якої грані прямокутника роботи. Більш того, в діаграмі DFD можна використовувати дуги зі стрілками на обох кінцях, які служать для опису діалогу типу „запитання – відповідь” чи „команда – виконання”. Дуги можуть з’єднувати як роботи між собою, та і роботи і сховища даних, роботи й зовнішні сутності, зовнішні сутності між собою і т.п.

Дуги можуть зливатися чи розгалужуватися, що дозволяє ввести декомпозицію потоків даних. Кожне нове відгалуження може мати своє найменування і опис об’єктів, якому відповідає дана частина дуги.

За правилами синтаксису дуги вхідних та вихідних величин в DFD - діаграмах можуть приєднуватись до будь-якої грані прямокутника роботи, але рекомендується, в міру можливості, притримуватись встановлених раніше правил, а саме, дуги вхідних величин зображати зліва (зверху), а вихідних величин - справа.

Сховища даних служать для опису даних, що тимчасово не використовуються, знаходяться в незмінному, нерухомому стані, зберігаються деякий час. Вони зображуються розімкнутим прямокутником з відділеною правою частиною, як це показано на рис. 34.

Сховища даних використовують там, де дані (об’єкти, інформація) знаходяться у стані очікування обробки, зберігаються, накопичуються для подальшої обробки. Позначають сховища даних літерою D з порядковим номером. Порядковий номер - це унікальний номер даного сховища. На одній діаграмі одне і те ж сховище може бути зображене декілька разів у різних місцях діаграми. Це роблять з метою спрощення

читання діаграм, зменшення кількості ліній, які зображують дуги на діаграмі.

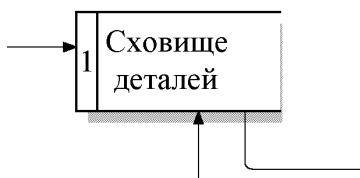


Рис. 34 - Сховище даних

Зовнішні сутності зображують об'єкти, що є джерелами вхідних і вихідних величин системи. Їх зображують прямокутником з тінню, що підкреслює знаходження об'єкта ніби поза площиною діаграми. Зовнішні сутності в діаграмі з'єднують дугами аналогічно як і інші об'єкти (роботи та сховища), вони можуть також з'єднуватись дугами між собою. Позначають зовнішні сутності літерою E (External Reference). Зображення зовнішньої сутності показано на рис. 35.

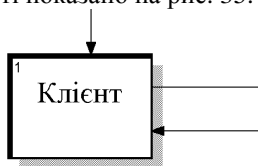


Рис. 35 - Зовнішня сутність

Діаграми DFD можна будувати як самостійну модель системи або як складову частину функціональної моделі. Як самостійну модель діаграму DFD будують, розпочинаючи з контекстної діаграми. У більшості випадків діаграми DFD включають як доповнення до функціональної моделі на низьких рівнях декомпозиції. Таке доповнення деталізує функціональну модель в інформаційному аспекті. Але слід мати на увазі, що DFD діаграми є функціональними діаграмами, оскільки головна увага в них звернута на функції системи, що зображаються блоком.

До побудови DFD - діаграм можна перейти на будь-якому кроці побудови функціональної моделі від діаграми IDEF0. Зворотний перехід від діаграми DFD до IDEF0 неможливий, оскільки діаграма DFD більше деталізована ніж IDEF0. Приклад діаграми потоків даних показано на рис. 36.

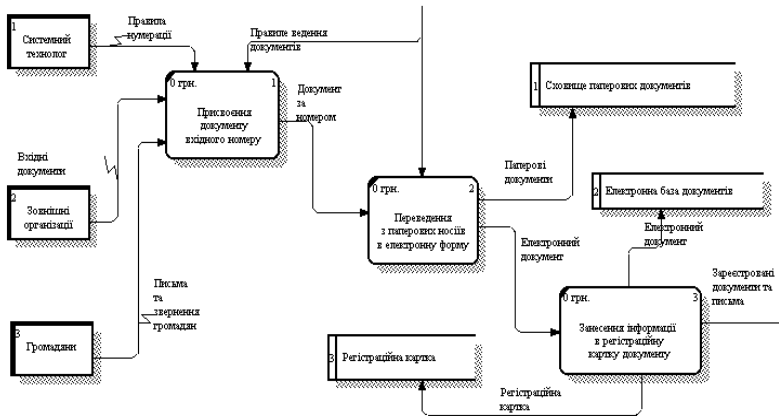


Рис. 36 - Приклад діаграми потоків даних DFD: Реєстрація в установі документів і листів громадян.

Усі розроблені діаграми треба уміти читати. Кожна діаграма містить велику кількість інформації і правильне читання її дозволяє зрозуміти всю цю інформацію. Тому потрібно мати не тільки навички побудови діаграм, але і їх читання. Діаграму можна читати таким чином. Реєстрація вхідних документів і листів громадян в установі здійснюється згідно з чітко встановленою схемою в три етапи: документ реєструють і присвоюють йому номер, потім документ переводять в електронну форму і після цього заповнюють для кожного документа реєстраційну картку. Цим етапам роботи з вхідними документами відповідають такі блоки робіт на діаграмі потоків даних: “Присвоєння документу вхідного номера”, “Переведення документа з паперових носіїв в електронну форму”, “Занесення інформації в реєстраційну картку документа”. Установа працює із зовнішніми сутностями, а саме: “Зовнішніми організаціями”, “Громадянами” й “Системним технологом”. Системний технолог, як видно з діаграми, регулює нумерацію документів і встановлює правила їх нумерації. На діаграмі блоки розміщені в порядку проходження документом процесу реєстрації.

Перша робота - це “Присвоєння документу вхідного номера”, зображена блоком за номером 1. Вхідними величинами цього блоку є: “Лити й звернення громадян”, “Вхідні документи від організацій” “Правила нумерації”, “Правила ведення документів”, що надходять від трьох зовнішніх сутностей, а саме “Зовнішні організації”. “Громадяни” та “Системний технолог”. Відповідно до правил ведення документів і

правил нумерації, які видає системний технолог, документу присвоюють номер. Документ за одержаним номером поступає на наступний етап, а саме його переводять в електронну форму. Цю роботу виконують у блоці 2 - “Переведення з паперових носіїв в електронну форму” Регламентують цю роботу правила ведення документів, що є вхідною величиною блоку роботи за номером 2. Вихідними величинами після цієї операції є паперовий документ і його електронний варіант. Паперовий документ направляється у “Сховище паперових документів” де він зберігається, а на основі електронного варіанта документа розробляють реєстраційну карту. Заповнення реєстраційної карти здійснює блок роботи за номером 3: “Занесення інформації в реєстраційну картку документа”. На цьому етапі після заповнення реєстраційної карти документ направляють для подальшої роботи з ним, копію відправляють в електронну базу документів, а реєстраційну картку у сховище для зберігання і подальшого використання. Дана діаграма є тільки частиною більш загальної діаграми, в ній не показано, як використовують документи, що містяться в сховищах. Наведений приклад показує, як уважно треба ставитись до регламентації порядку виконання навіть простих, на перший погляд, операцій.

6. Діаграми опису послідовності процесів IDEF3 (Work Flow Diagramming)

Діаграми опису послідовності процесів IDEF3 – це третій інформаційний розріз функціональної моделі. Вони описують логіку роботи системи і взаємодію потоків у ній. На цій діаграмі система деталізується в більшій мірі, описується більш повно. У діаграму включають елементи логіки. Це дозволяє моделювати послідовність виконання робіт у системі і описувати логічні зв'язки між окремими процесами, функціями. Модель дозволяє виконати аналіз, як функціонує система, в якому стані знаходяться об'єкти в системі. За своєю суттю модель системи створена за такою діаграмою, наближається до діючої моделі. Більш того, за допомогою спеціального пакету програм BP Simulator модель IDEF3 можна перетворити в імітаційну модель, тобто в модель, що імітує роботу системи з послідовною зміною станів.

Імітаційна модель – це модель, що відтворює роботу системи і служить для вивчення поведінки системи у процесі її функціонування. Вона може використовуватись для вивчення роботи системи у різних режимах роботи, для вивчення впливу на роботу системи зовнішніх факторів, вивчення роботи системи при зміні інтенсивності процесів у ній і т.п.

Елементами діаграми опису послідовності процесів є:

- роботи;
- дуги;
- перехрестя;
- об'єкти звертання.

Роботи на діаграмі IDEF3 мають такий же сенс, як і на попередніх діаграмах - IDEF0 і DFD. Вони зображуються прямокутником з відділеним низом прямокутника, розділеним на дві частини, як це показано на рис. 37.

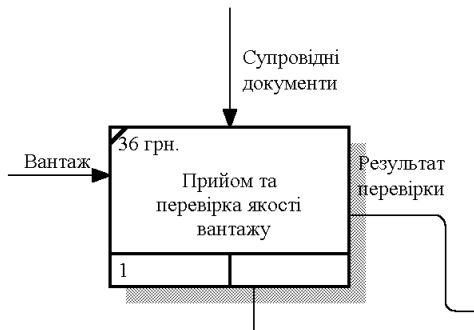


Рис. 37 - Роботи на IDEF3-діаграмах

Зліва у нижній частині блоку роботи проставляють номер роботи, що складається з номера батьківської роботи, номера декомпозиції і номера самої роботи. Роботи в діаграмах IDEF3 називають Unit of Work (UOW) і позначають літерою U.

Дуги на діаграмах послідовності процесів IDEF3 мають такий же зміст, як і на розглянутих раніше діаграмах, але вони можуть бути більш деталізовані. Під час деталізації допускаються такі типи дуг:

- старша, або процедурна (Precedent) показує, що робота - джерело дуги, повинна закінчуватися раніше ніж розпочнеться робота – ціль, тобто робота, в яку входить дуга. Зображується суцільною лінією зі стрілкою;

- потоків об'єктів (Object flow) – показує потоки об'єктів і те що об'єкти використовуються у декількох роботах. Зображується суцільною лінією з подвійною стрілкою;

- відношення (Relational) – відповідає зв'язкам між роботами, або роботами і об'єктами звертання. Тут робота - ціль може розпочинатися раніше від роботи - джерела;

- звертання (Referent)– відповідає зв'язкам з об'єктами звертання. Зображується суцільною лінією без стрілок.

Позначення дуг показано на рис. 38.

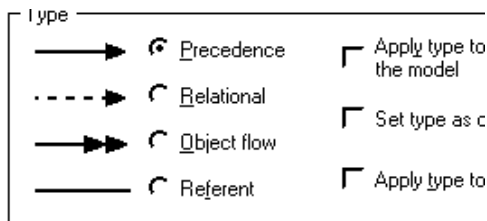


Рис. 38 - Позначення дуг на діаграмі послідовності процесів IDEF3

Злиття та розгалуження дуг завжди виконується за допомогою перехресть. Перехрестя відображають логічні операції (умови), що визначають подальше виконання робіт. Перехрестя можуть бути декількох типів. Їх розділяють на синхронні й асинхронні. Синхронні перехрестя вимагають одночасного виконання робіт, асинхронні – виконання, але не обов’язково одночасного. Позначаються вони прямокутниками з відділеними боковими сторонами, як це показано на рис 39.



Рис. 39 - Позначення перехрестя на діаграмі послідовності процесів IDEF3 (J1 – асинхронне “**або**” J3 – синхронне “**і**”

Перехрестям відповідають логічні операції, які записуються в середині блоку перехрестя. Логічні операції і відповідні позначення показано на рис. 40.

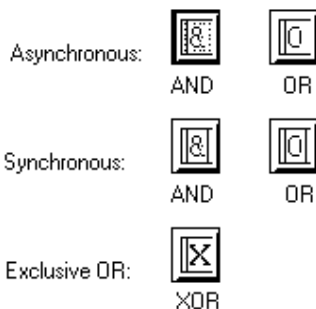


Рис. 40 - Типи логічних операцій

Об'єкти звертання – це об'єкти, що несуть додаткову інформацію виконання робіт або містять дані, які неможливо зв'язати з роботою, дугою чи перехрестям. Пакет програм ВРwіп передбачає такі типи об'єктів звертання:

- GO TO – об'єкт циклічного переходу;
- UOB – об'єкти, які вказують на багаторазове використання роботи, але без циклів. Наприклад, „Контроль якості” може використовуватись у процесі виготовлення виробу декілька разів;
- NOTE – для документування важливої інформації, що відноситься до будь-яких блоків на діаграмі. Може використовуватись як альтернатива надпису текстів;
- ELAB – для детального опису.

Об'єкти звертання зображують прямокутником з відділеною нижньою частиною. Зв'язки з іншими елементами діаграм для об'єктів звертання виконують ненаправленими дугами.

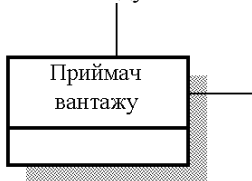


Рис. 41 - Приклад зображення об'єктів звертання

На рис. 42 наведено приклад діаграми послідовності процесів під час прийому вантажу на підприємстві.

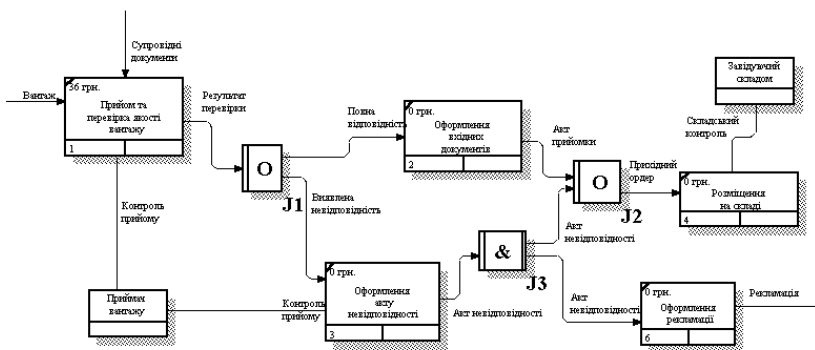


Рис. 42 - Діаграма IDEF3 послідовності процесів прийому вантажу на підприємстві

Опис операцій з прийому вантажу відповідно до наведеної діаграми такий. Вантажі на підприємство привозять транспортними засобами. Кожен вантаж має супровідні документи, що передаються разом з ним або іншим способом. Перша робота, що виконується на підприємстві, – це прийом і перевірка якості вантажу, відповідності його супроводжувальним документам. Прийом вантажу виконує відповідальна особа – приймальник вантажу. На діаграмі він зображений як об’єкт звертання. Блок першої роботи, названий “Прийом і перевірка якості вантажу”, зображений в лівому верхньому куті діаграми і позначений цифрою 1. Вхідними величина цього блоку роботи є “Вантаж” і “Супровідні документи”. На діаграмі вони розміщені за правилами функціональної діаграми, тобто рознесені по різних сторонах діаграми, хоч в даному випадку вони можуть підходити до якої-будь сторони блоку. Блок роботи також має дугу зв’язку “Контроль вантажу” з об’єктом звертання “Приймальник вантажу”. Вихідними величинами даної роботи є “Вантаж” і “Результат перевірки”. Вантаж зображено дугою потоків об’єктів з подвійною стрілкою, а результат перевірки – процедурною дугою. Дуга “Вантаж” далі направлена до блоку роботи 4 – “Розміщення на складі”, тому що всі вантажі, які прибули на підприємство, повинні бути розміщені на складі незалежно від їх якості. Результат перевірки може бути подвійним: “Повна відповідність” або “Виявлена невідповідність”. Розгалуження результату перевірки показане блоком асинхронного розгалуження **J1** з логічною операцією **“або”** (**“OR”**). Асинхронне розгалуження використане тому, що не може бути одночасно два результати. Якщо виявлена повна відповідність вантажу вимогам і супровідним документам, то виконується робота “Оформлення прихідних документів”, що закінчується видачею акту прийому. Ця робота зображена блоком 2. У випадку, коли виявлена невідповідність вантажу вимогам і супровідним документам, то виконується робота 3 – “Оформлення акту невідповідності”. Акт невідповідності одночасно складається в двох примірниках. Цьому відповідає блок розгалуження **J3**. Блок розгалуження синхронний **“I”**, тому що одночасно оформляють два акти невідповідності. На основі одного з актів оформляють рекламацию, що показано роботою 6 – “Оформлення рекламации”. Рекламация разом з актом невідповідності направляється постачальнику товару. Другий примірник акту невідповідності направляється для оформлення товару на складі. На склад може поступити один з документів: акт прийомки або акт невідповідності. Згідно з цим оформляють “Прихідний ордер”. Цей факт показано блоком розгалуження **J2** (фактично злиття, хоч він і називається блоком розгалуження). Це блок логічного асинхронного **“або”** (**“OR”**). Використання такого блоку зрозуміле, адже документи не обов’язково повинні

приходити одночасно, а вантаж на складі оформляють за приходом тільки одного з документів: акту прийомки або акту невідповідності. Подальша робота з вантажем є розміщення його на складі. Ця робота показана блоком 4. Вхідні величини блоку: “Вантаж” і “Прихідний ордер”. Вони підведені до лівої і верхньої сторін діаграми, правда, дещо не в тому порядку, як прийнято для блоків діаграм IDEF0. Дуга вхідної величини “Вантаж” підведена до верхньої грані, а “Прихідний ордер” – до лівої. Це обумовлено зручністю побудови моделі, адже діаграма IDEF3 допускає приєднання будь-яких дуг до будь-якої сторони блока. Об’єктом звертання для блоку роботи “Розміщення на складі” є завідуючий складом, який дає розпорядження, де і як розмістити вантаж.

Як видно з наведеного прикладу, діаграма опису послідовності процесів IDEF3 (Work Flow Diagramming) дозволяє у всіх деталях моделювати виконання операції в системі. На основі такої діаграми можуть бути розроблені: технологічні документи, а саме, технологічна карта послідовності процесів відповідно до вимог “Єдиної системи технологічних документів” (ЕСТД), програмне забезпечення для ЕОМ, що керує процесами виробництва на підприємстві, або діюча модель процесу для імітаційного моделювання і подальшого відпрацювання технологічного процесу. Крім того, як видно з наведеної діаграми, кожна робота може бути виражена у вартісних одиницях, що є основою розробки фінансових документів. На блоці кожної роботи у верхньому лівому куті вказана вартість у гривнях. У даному прикладі вартість всіх робіт не оцінена, тому проставлена сума 0 грн. Порядок і правила виконання функціонально-вартісного аналізу розглядається в наступних розділах посібника.

З наведеного прикладу видно, наскільки детально дозволяє виконувати аналіз функціональна модель системи. Вона має ще й ту перевагу що більш зрозуміла в порівнянні з описом операцій. У цьому можна переконатись, якщо уважно вивчати наведений вище опис і аналізувати діаграму. В даному посібнику опис потрібний для того, щоб виробити вміння читати діаграми функціональної моделі.

Виконання логічного аналізу послідовності процесів IDEF3 - діаграмами потребує великого обсягу роботи і затрат часу. Як правило, під час побудови функціональної моделі на початкових етапах обмежуються тільки діаграмами IDEF0, включають діаграми DFD та IDEF3 тільки на низьких рівнях декомпозиції моделі. Під час подальшої роботи і детальної розробки системи діаграми логічної послідовності процесів у разі потреби розробляють практично на всіх рівнях декомпозиції моделі.

Контрольні запитання

1. Які переваги мають комп'ютерні технології системного аналізу?
2. Якими стандартами регламентується використання CASE?
3. Яка різниця між функціональними моделями й моделями даних?
4. Які програмні продукти входять у пакет структурного аналізу?
5. Які моделі дозволяє побудувати пакет програм BPwin?
6. Назвіть моделі, які дозволяє побудувати пакет програм ERwin?
7. Яку діаграму називають контекстною, назвіть її основні елементи?
8. Яке призначення сторін функціонального блоку?
9. Що таке ICOM - коди?
10. Як виконати декомпозицію контекстної діаграми?
11. Що таке домінантний порядок розміщення блоків на діаграмі?
12. Які правила присвоєння номера діаграмі декомпозиції?
13. Які правила присвоєння імен дугам діаграми?
14. Які типи можливих зв'язків між блоками функціональної діаграми?
15. Які моменти необхідно визначити на початкових кроках створення функціональної моделі системи?
16. Як впливає зміна точки зору на результат побудови функціональної моделі?
17. Що таке тунелювання дуг, які види тунелювання Ви знаєте?
18. Які основні складові частини діаграм потоків даних DFD – діаграм?
19. Які основні складові частини діаграм опису послідовності процесів потоків IDEF3–діаграм?
20. Як зображуються блоки робіт на діаграмах потоків даних (DFD –діаграмах)?
21. Як зображуються блоки робіт на діаграмах опису послідовності процесів потоків IDEF3–діаграм?
22. Що таке “Зовнішні сутності”, як вони позначаються?
23. Як типи дуг використовуються на діаграмах опису послідовності процесів потоків (IDEF3–діаграмах)?
24. Які типи діаграм дозволяє будувати програмний пакет BPwin?
25. Що таке “Сховища даних”, як вони позначаються?

26. Скільки разів одне і те ж сховище даних може бути зображене на діаграмі?

27. Які типи об'єктів звертання Ви знаєте?

28. Чим відрізняються синхронні й асинхронні перехрестя, як вони позначаються?

29. Які логічні операції можуть відповідати перехрестям на діаграмі послідовності процесів (IDEF3–діаграмах)?

Розділ 10. Організація роботи по створенню функціональної моделі

1. Моделі життєвого циклу

Системний аналіз, як це відзначалося в попередніх розділах, - це складний процес вивчення системи й розробки варіантів вирішення проблеми чи проблемної ситуації. Він має ряд етапів. Етапи системного аналізу значною мірою залежать від завдань, що стоять перед системним аналітиком і від прийнятої моделі життєвого циклу системи. Коло завдань системного аналізу надзвичайно ширше і охоплює практично всі напрямки інтелектуальної діяльності людини. До них можна віднести такі:

- вивчення закономірностей існування систем;
- вирішення складних проблем, що виникають у системах, на основі системного підходу;
- покращання роботи систем;
- розробка нових систем із заданими характеристиками.

Системи, з якими має справу системний аналітик, можуть бути самими різними, як-от: природні утворення від космічних до мікроскопічних масштабів, соціальні системи з великими колективами людей, технічні системи різного рівня складності.

Для природних систем і систем, які створюються людиною, етапи системного аналізу визначаються прийнятою моделлю життєвого циклу системи [28]. На сьогодні найбільш широко застосовують дві моделі життєвого циклу.

- Каскадна модель життєвого циклу.
- Спіральна модель життєвого циклу, яка набуває все більшого розповсюдження в останні роки.

Каскадна модель життєвого циклу займала домінантне положення при аналізі й проектуванні систем приблизно до 1985 року [19, 28]. Вона розглядає етапи існування та розвитку систем як ізольовані і майже повністю завершені. Існування системи розпочинається початковими етапами зародження, потім етапами розвитку і відмирання. Система переходять з одного етапу в інший після повного завершення попереднього етапу. Така модель приймається у практичній діяльності людини, наприклад, при розробці певних технічних систем, організації нових виробництв, створенні підприємств, розробці програмного забезпечення. Основними етапами розвитку системи при каскадній моделі життєвого є такі:

- зародження;
- розвиток;
- старіння;
- відмирання.

Для систем, що розробляються і створюються людиною, етапи життєвого циклу дещо змінені. Основними етапами каскадної моделі є такі:

- аналіз - вивчення того, що і для чого повинна робити система;
- проектування – визначення, як система повинна працювати: розробка плану вирішення проблеми, визначення підсистем їх взаємодії;
- реалізація - конкретні дії, направлені на розробку системи для вирішення проблеми;
- впровадження – введення системи в дію;
- супровід функціонування –практична діяльність системи та її аналіз.

Ці етапи показано на рис. 43.

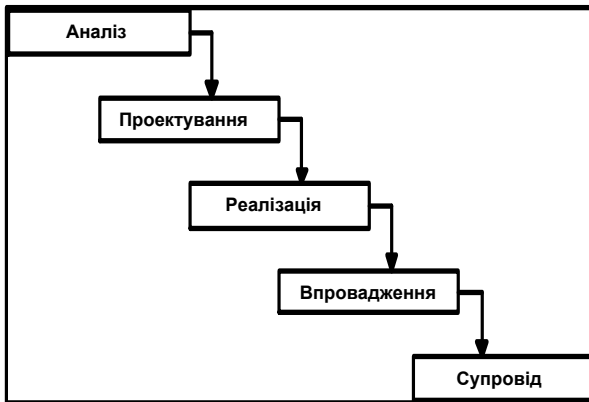


Рис. 43 - Етапи життєвого циклу створення систем відповідно до каскадної моделі життєвого циклу

Каскадна модель життєвого циклу передбачає поетапну розробку системи, її впровадження в життя і супровід системи під час її функціонування. Перевагами такої моделі життєвого циклу є:

- можливість чіткого планування роботи;
- завершеність кожного етапу і виконання всієї потрібної документації на кожному етапі;
- простота контролю виконання кожного етапу;
- можливість поетапного фінансування;

- можливість виконання кожного етапу різними незалежними колективами.

Ці переваги в найбільшій мірі відповідають командній системі керування господарською діяльністю. Але реальний процес життєвого циклу не вміщується у таку жорстко регламентовану модель. На всіх етапах життєвого циклу неодноразово виникає необхідність повернення до попередніх етапів не тільки через наявність помилок, й через причину впливу факторів часу та інших факторів. Постійно виникає необхідність уточнити прийняті раніше рішення. Реальний процес набуває вигляду, зображеного на рис. 44.

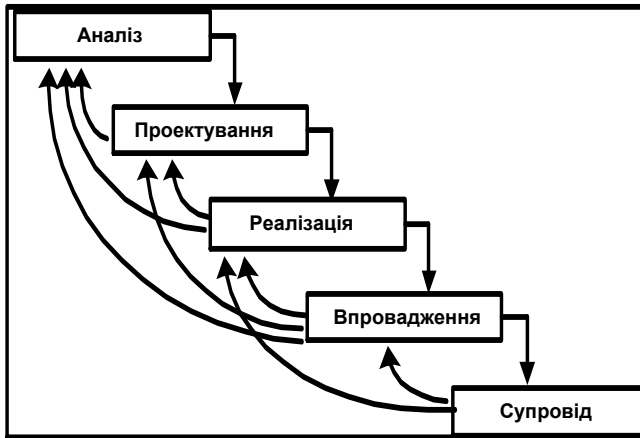


Рис. 44 - Реальний процес життєвого циклу при каскадній моделі

Недоліком каскадної системи є також те, що система не розвивається, вона зупиняється на тому рівні, який був закладений на початкових етапах аналізу і проектування.

Природним системам більш характерна спіральна модель життєвого циклу. Вони проходять послідовно етапи зародження, розвитку, відмирання, ці етапи багаторазово повторюються. Розвиток у природі здійснюється по спіралі. Спіральна модель життєвого циклу прийнята у вигляді стандарту і для розробки інформаційних та інших технічних систем [23, 28].

Спіральна модель життєвого циклу також має ряд послідовних етапів, а саме:

- визначення вимог;
- аналіз;
- проектування;

- реалізація та тестування;
- інтеграція.

На цих етапах виконуються операції, як і при каскадній моделі. Етап реалізації здійснюється шляхом створення прототипів, на яких конкретизуються вимоги й деталі наступного циклу. Вказана модель зображена на рис. 45.



Рис. 45 - Спиральна модель життєвого циклу

2. Розробка функціональної моделі складних систем

Функціональна модель системи розробляється на початковому етапі життєвого циклу системи, а саме: етапі аналізу. Перші фази (етапи) проектування технічних систем, під час яких виконується системний аналіз, дуже важливі. Це зумовлено тим, що помилки на даних етапах суттєво впливають на роботу системи. найбільша неприємність полягає в тому, що в погано спроектованій системі експлуатаційні витрати суттєво переважають над попередніми затратами. За оцінками експертів виправлення помилок аналізу в 2,10,100 разів дорожче на наступних етапах. Спиральна модель життєвого циклу дозволяє це зменшити. Вона набуває все більшого використання при розробці різного типу інформаційних систем, програмних продуктів. Це видно на прикладі версій пакетів Microsoft Office, Windows та інших. Сучасні заводські технології з гнучкою системою організації технологічних процесів також широко використовують спіральну модель життєвого циклу, як наприклад, автомобільна промисловість, що постійно удосконалює відомі серії автомобілів.

Перевагами CASE - технологій, як уже відзначалося, є чітка регламентація усіх етапів виконання аналізу – від постановки проблеми до кінцевого продукту та його впровадження у практичну діяльність. Регламентація етапів виконання аналізу забезпечує достовірність, надій-

ність та наукову обґрунтованість результатів, можливість їх відтворення.

Залежно від складності системи в розробці функціональної моделі бере участь різна кількість людей. Ролі учасників розробки чітко регламентовані, обов'язки їх описані в рекомендаціях по створенню IDEF0 моделей. Усіх учасників, які беруть участь у розробці, поділяють на аналітиків (авторів), консультантів, експертів (читачів), бібліотекарів і технічних контролерів. Розробку моделі розпочинає аналітик (автор) відповідно до поставлених цілей, завдань моделювання та термінів. Він підбирає потрібний матеріал, класифікує його, описує систему в цілому і приступає до побудови моделі. Модель розпочинають будувати, коли відомі цілі моделювання. Початковими етапами є визначення цілей системи, границь системи, точки зору і контексту розгляду системи. Ці дані вводять у відповідні розділи на початку побудови моделі на комп'ютері. Після цього будують контекстну діаграму. Далі приступають до функціональної декомпозиції. Для виконання декомпозиції автору моделі доводиться користуватися літературою, документацією, використовувати результати консультацій зі спеціалістами. Як правило, інформація, потрібна аналітику, розпорошена у великій кількості документів. Значний об'єм інформації міститься у конструкторській документації, технологічних картах, посадових обов'язках, службових інструкціях, наказах керівництва. На підприємствах транспорту слід враховувати правила експлуатації транспортних засобів (трамваїв і тролейбусів, автомобілів, автобусів, вагонів тощо) на підприємствах забезпечення, електроенергією - правила експлуатації електроустановок в регламентах робіт, графіках виконання профілактичних заходів тощо.

Будуючи модель системи, аналітику необхідно проаналізувати і використати всю наявну інформацію, одержати додаткову інформацію у консультантів, які виступають експертами по розробленій моделі. Різні консультанти володіють інформацією про систему в різній мірі. Вирішення питань збору інформації дещо спрощується тим, що побудова моделі відбувається поступово: спочатку будується діаграма декомпозиції першого рівня, потім другого і т. д. Під час побудови діаграм декомпозиції верхніх рівнів у якості консультантів та експертів виступають керівники підприємства, керівники головних підрозділів, під час розробки діаграм декомпозиції більш низьких рівнів – технологи, керівники відділів, а діаграм самого низького рівня - безпосередні виконавці робіт. Автор, одержавши від них інформацію, повинен задокументувати її і ввести в розроблювану модель з обов'язковою вказівкою джерела інформації. Розробивши діаграму на черговому етапі декомпозиції її піддають експертизі.

Для проведення експертизи модель в цілому чи окремі діаграми передають бібліотекарю, який відповідає за проходження та зберігання всіх документів. Бібліотекар, відмітивши в облікових документах дату надходження моделі від автора, передає її експертам. В експертизі беруть участь спеціалісти експерти (читачі), які добре знають особливості роботи системи. Експертами можуть бути і спеціалісти, які консультували автора з тих чи інших питань. Експерти, ознайомившись з моделлю в цілому чи окремою діаграмою, дають по ній зауваження. Етапи проведення експертизи такі:

- Автор, на черговому етапі декомпозиції або після побудови всієї моделі формує папку, в яку включає контекстну діаграму, діаграми декомпозиції, словники термінів, звіти, інші діаграми та документи і передає її бібліотекарю.

- Бібліотекар контролює всі комунікації при створенні моделі і відповідає за проходження документів та збереження їх в архіві. Одержавши папку з розробленими документами, він реєструє їх, розмножує і передає на експертизу експерту (читачу), а одну копію дає автору.

- Читач рецензує документи і записує свої зауваження. Зауваження вносяться у діаграму за певними правилами, з якими ми ознайомимось пізніше, вивчаючи бланк діаграм. Папку з документами і зауваження читач передає бібліотекарю. Сеанси експертизи можуть проводитись у вигляді співбесіди, в якій автор і експерт уточняють вимоги до створеної моделі.

- Бібліотекар, одержавши папку із зауваженнями експерта, може направити її іншому експертові. Після одержання всіх відгуків по моделі бібліотекар їх реєструє і передає папку авторові.

- Автор зауваження експертів вносить у свою копію папки і повертає через бібліотекаря екземпляр папки експерту.

- Автор на основі зауважень експертів допрацьовує модель і після цього передає знову бібліотекарю. Бібліотекар знову реєструє модель і піддає її повторній експертизі. Таким чином модель проходить кілька циклів експертизи.

- У міру проходження циклів експертизи кількість зауважень зменшується і модель стає стабільною. Така стабільна модель вже змінює свій статус, що вноситься у бланк діаграм. Коли модель досягне статусу “Рекомендація”, вона переходить на затвердження у відділ технічного контролю, де проводять її кінцеву експертизу.

- Після внесення усіх потрібних змін модель поступає на затвердження керівництву і після цього одержує статус “Публікація”.

У результаті одержують закінчену модель, яка може бути розмножена, передана для подальшої розробки та впровадження в практику.

На її основі можуть бути розроблені накази, заходи з реорганізації роботи системи, зміни організаційної структури системи тощо. Якщо модель створюється під час конструкторської розробки системи, на її основі розробляють ескізний та технічний проекти, виготовляють конструкторську документацію, проводять розробку робочого проекту, залежно від цілей моделювання.

3. Бланк діаграми

Головними документами функціональної моделі є контекстна діаграма і діаграми декомпозиції. Як будь-який офіційний документ ці діаграми виконують за певними правилами і оформляють на окремих бланках. Цілі використання бланків ті самі, що й цілі використання правил оформлення креслень відповідно до “Єдиної системи конструкторської документації” (ЕСКД). Це такі цілі:

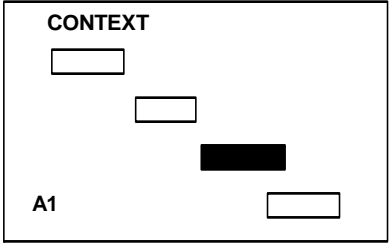
- забезпечення однакового оформлення діаграм всіма виконавцями, додержання певних правил виконання, умовних позначень з тим, щоб їх могли розуміти всі читачі;
- регламентація послідовності етапів розробки й експертизи моделі, відображення їх на діаграмі, що гарантує потрібний рівень виконання моделі;
- забезпечення подальшої роботи з моделями, збереження в архіві, передачі їх іншим особам, організаціям.

Усі діаграми функціональної моделі, як правило, оформляють на аркушах паперу формату А4 чи А3. Бланк діаграми має зовнішню рамку і службові поля: верхні – поля заголовку й нижні – поля підвалин. У нижніх полях розміщуються: номер вузла діаграми, її ім'я, номер моделі, номер сторінки діаграми в моделі. Зображення полів нижньої частини діаграми показано на рис. 46, а детальна характеристика полів - в табл. 5.

Таблиця 5 - Поля підвалини діаграми функціональної моделі системи

Назва поля	Що в полі показують
Вузол (Node)	Номер вузла діаграми (номер батьківської діаграми)
Назва (Title)	Ім'я діаграми. По замовчанню співпадає з іменем батьківської діаграми
Номер (Number)	Унікальний (архівний) номер версії діаграми
Сторінка (Page)	Номер сторінки

Таблиця 6 - Поля заголовка діаграм функціональної моделі системи

Назва поля	Що в полі показують
Батьківська робота (Used At)	Вказує батьківську роботу, з якої викликали дану діаграму
Автор, дата створення, назва проекту, дата редагування (Author, Date, Rev, Project)	Ім'я автора діаграми, дата створення, ім'я проекту, в рамках якого створена діаграма. Rev – дата останнього редагування діаграми
Зауваження (Note 1 2 3 4 5)..	Використовується при експертизі. Експерт на діаграмі робить зауваження, нумерує їх і закреслює цифру номера зауваження
Статус (Status)	Статус відображає стадію розробки діаграми (див. нижче)
Нова (Working)	Нова діаграма
Перевірена (Draft)	Діаграма пройшла первинну експертизу і готова до подальшого обговорення
Рекомендація (Recommended)	Діаграма і всі документи пройшли експертизу, подальших змін не передбачається
Публікація (Publication)	Діаграма готова до кінцевого друку і публікації
Читач (Reader)	Ім'я читача (експерта)
Дата (Date)	Дата експертизи
Контекст (Context)	<p>Схема розміщення роботи в діаграмі верхнього рівня. (Робота, яка є батьківською, виділена чорним кольором, інші не зафарбовані). На контекстній діаграмі (A-0) – надпис TOP. У нижньому куті – номер батьківської діаграми</p> 

Характеристика полів верхньої частини діаграми, її заголовка наведена на рис 47 і в табл. 6.

MODE:	A-0	TITLE: Реєстрацій вхідних документів та звернень громадян	NUMBER:	
-------	-----	---	---------	--

Рис. 46 - Поля нижньої частини (підвалин) діаграм функціональної моделі системи

USED AT:	AUTHOR:	DATE: 17.04.02	WORKING	READER	DATE	CONTEXT:
	PROJECT: Діаграми потоку даних	REV: 27.10.02	DRAFT			TOP
			RECOMMENDED			
	NOTES: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10		PUBLICATION			

Рис. 47 - Поля верхньої частини (заголовка) діаграм функціональної моделі системи

Значення вносять у діалоговому вікні Diagram Properties (викликається командами меню Edit > Diagram Properties). Порядок побудови моделі й заповнення всіх полів бланку діаграм пояснено в [45].

4. Виконання синтаксичного аналізу діаграми

Діаграми моделі після їх виконання повинні бути синтаксично правильними. наявність синтаксичних помилок приводить до того, що подальша роботи з діаграмою блокується.

Помилки поділяються на три типи:

1. Помилки, які BPwin не виявляє: назви робіт повинні бути дієсловами, дієслівними зворотами, віддієслівними іменниками (наприклад, обробити, передати, зменшити затрати ..., обробка, контроль якості тощо), дуги – іменниками.

2. Помилки, які BPwin не допускає, наприклад, дуга (стрілка) не може вийти з лівої грані і увійти у праву, та інші помилки.

3. Помилки, які BPwin допускає, але констатує, а саме: роботи (функціональні блоки), яким не присвоєні імена; незв'язані дуги; дуги, які не мають імені; роботи, що не мають, принаймні, однієї дуги керування і виходу.

Для виправлення помилок, слід вивести звіт про помилки і відповідно до цього виправити помилки. Для виведення звіту про помилки слід вибрати меню Report > Model Consistency Report. Прочитати уважно звіт і виправити помилки. Найбільш часто бувають такі помилки:

- не зв'язані граничні стрілки, що мігрували з діаграм верхнього рівня (unconnected border arrow);
- відсутність назви стрілки (unnamed Arrow);
- відсутність у певному блоці дуги керування (has no Control);

- відсутність дуги виходу (has no Output);
- роботи, що не мають імені (unnamed Activity);
- недозволені стрілки (unresolved Arrow);
- недозволене тунелювання стрілок (square tunneled Arrow).

Помилки виправляють шляхом введення відповідної інформації в модель. Під час виправлення помилок, особливо у випадках невірного нанесення та тунелювання дуг, зміни відбуваються також в дочірній чи батьківській діаграмі. Тому необхідно проглянути діаграми, внести потрібні зміни й повторно перевірити модель в цілому.

Коли всі помилки будуть виправлені, звіт про помилки буде незаповнений і з'явиться повідомлення про відсутність помилок. Тоді можна приступати до подальшої роботи з діаграмою, до її друку, виконання функціонально-вартісного аналізу і т.п.

Контрольні запитання

1. Які моделі життєвого циклу систем Ви знаєте?
2. Назвіть етапи каскадної моделі життєвого циклу?
3. У чому Ви бачите переваги каскадної моделі життєвого циклу?
4. Які недоліки каскадної моделі життєвого циклу?
5. Які переваги спіральної моделі життєвого циклу? Наведіть приклади використання спіральної моделі життєвого циклу в діяльності людей, у природі.
6. Які етапи спіральної моделі життєвого циклу?
7. Якими стандартами регламентуються моделі життєвого циклу?
8. Який порядок розробки функціональної моделі системи?
9. Яка роль бібліотекаря при розробці функціональної моделі?
10. На яких етапах життєвого циклу використовується функціональна модель системи?
11. Які початкові дані необхідно ввести в комп'ютер на початку розробки функціональної моделі системи?
12. У чому полягає збір інформації для створення функціональної моделі системи?
13. Назвіть порядок побудови функціональної моделі та її експертизи?
14. Що розуміють під поняттям циклу "автор-читач"?
15. Коли модель вважається стабільною?
16. Що потрібно, щоб модель досягла статусу "Рекомендація"?
17. Які поля є на бланку діаграми функціональної моделі?

18. Як нумеруються діаграми функціональної моделі?
19. Які типи помилок на діаграмах виправляє програмний пакет BPwin?
20. Які типи помилок не виправляє програмний пакет BPwin?
21. Які синтаксичні помилки не можна допускати на діаграмах функціональної моделі?

Розділ 11. Функціонально-вартісний аналіз систем

1. Завдання функціонально-вартісного аналізу

У даний час в Україні перебудовується економіка, виникають і розвиваються нові виробництва, до бізнес-процесів залучаються сотні тисяч людей. На цьому етапі розвитку питання підвищення ефективності роботи підприємств набувають великого практичного значення. Це однаково відноситься до державних, і приватних підприємств.

Перехід до ринкових відносин, перебудова економіки, розвиток нових виробництв є процесом, який охоплює більшість населення України. Завдання підвищення ефективності роботи підприємств і організацій, покращання їх економічних показників є вирішальним і визначає життєздатність всякого державного чи приватного підприємства у ринкових умовах господарювання. Підприємства відчувають велику конкуренцію і намагаються покращити економічні показники своєї діяльності. У своїх прагненнях вони наштовхуються на проблеми, які вирішити дуже важко. Існуюча структура державних підприємств, застарілі методи керівництва, багатосторонність зв'язків як внутрішніх, так і зовнішніх, різні інтереси працівників - усе це не дозволяє належним чином перебудувати роботу, підвищити її ефективність. Подекуди важко зрозуміти суть проблем, причини низької результативності роботи, вибрати найбільш ефективні напрямки діяльності. Керівник підприємства стоїть перед безліччю проблем і не завжди в повній мірі знає наслідки, до яких приведуть ті чи інші дії. Важливе практичне значення мають завдання планування роботи. Все в кінцевому підсумку виражається затратами фінансів, вартісними оцінками. Методи системного аналізу й функціональна модель є найбільш зручним способом оцінки витрат, потрібних для функціонування системи як під час аналізу її діяльності, так і в період її розробки чи проектування.

У міжнародній практиці розрахунки затрат і вартісних показників відомі як ABC – аналіз, а саме – Activity – Based Costing (ABC), або функціонально - вартісний аналіз [21-22, 29]. Цей метод аналізу використовують для оцінки витрат ресурсів багато міжнародних фірм. Він дозволяє виконати аналіз затрат, виявити найбільш дорогі й затратні операції для подальшого аналізу та вдосконалення. Він використовується для того, щоб зрозуміти походження витрат і полегшити вибір потрібної моделі та послідовності робіт при реорганізації діяльності підприємства. За допомогою функціонально – вартісного аналізу можна вирішувати

такі завдання, як визначення вартості продукту, який виробляє підприємство, вести розрахунки з клієнтами за виконані роботи, передбачити затрати, необхідні для реалізації того чи іншого проекту.

Функціональна модель описує процеси діяльності системи у всіх деталях, тобто всі роботи в системі, вхідні й вихідні величини, механізми, алгоритми роботи. Такий детальний опис системи дозволяє не тільки вивчити логіку функціонування системи, але й вирішити багато інших питань відносно системи, в тому числі розрахувати всі затрати, провести повний фінансовий аналіз системи, оцінити ефективність її діяльності, розробити пропозиції з підвищення ефективності діяльності.

У цьому розділі розглянуто тільки основні моменти виконання функціонально - вартісного аналізу з використанням функціональної моделі системи, приклади, що показують ефективність такого аналізу. Цілі і завдання функціонально вартісного аналізу, методики їх виконання і особливості аналізу результатів є предметом вивчення інших навчальних дисциплін.

2. Загальні положення виконання функціонально-вартісного аналізу на основі функціональної моделі системи

Функціонально-вартісний аналіз (ФВА) є собою розрахунком затрат системи з урахуванням функцій системи. Він виконується на основі розробленої функціональної моделі системи [18-21, 32, 33]. Функціональна модель дозволяє повністю виконати функціонально-вартісний аналіз, адже в ній описані функції всіх підрозділів, є всі вхідні й вихідні величини. Пакет програм BPwin містить у собі програму обчислення витрат на функціонування системи. Розрахунки затрат виконують в такому порядку: спочатку розраховують витрати для окремих підрозділів системи за статтями витрат, тобто витрати поділяють на витрати на заробітну плату, на амортизацію основних коштів, на закупку сировини і т. п. Пізніше ці затрати, розраховані для окремих підрозділів, об'єднують і виконують загальний звіт про витрати підприємства. Розрахунки затрат ведуться за певні проміжки часу - місяць, квартал, рік. Ці розрахунки є основою фінансової звітності підприємства, нарахування податків, фінансування державних підприємств і т. п. У цьому параграфі розглянемо порядок виконання ФВА на основі функціональної моделі [21 – 25]. Перш за все, зауважимо, що функціонально-вартісний аналіз виконується на повністю завершній моделі, тобто моделі, яка адекватно відповідає процесам, що відбуваються в системі. Тобто модель повинна повністю пройти всі цикли експертизи, стати стабільною,

бути адекватною системою, що моделюється, і одержати статус не нижче ніж “Рекомендація”. Виконання функціонально-вартісного аналізу здійснюється у порядку, описаному далі. У деяких випадках виконання функціонально-вартісного аналізу тільки з використанням засобів програмного пакету BPwin буває недостатнім. Тоді, як це було сказано в попередньому матеріалі, можна використати спеціальний розширений пакет аналізу Essay ABC. Проте аналіз, виконаний за допомогою програми, що міститься в пакеті Bpwin, є досить детальним і задовольняє більшість вимог до фінансових розрахунків функціонування промислового підприємства чи іншої системи. У нашому курсі ми ознайомимосся тільки з головними моментами виконання функціонально – вартісного аналізу.

Пакет програм BPwin забезпечує введення даних по ФВА і розрахунок усіх показників витрат по моделі. Вартісний аналіз у моделі IDEFO (Activity Based Counting, ABC), відповідає функціонально-вартісному аналізу у вітчизняній практиці, включає такі основні поняття:

- Об’єкт затрат – причина, ціль, для якої виконується робота, як правило, основний результат роботи, виріб, готовий продукт.
- Рушійні сили затрат – характеристики входів, керування та механізмів роботи, що впливають на те, як виконується робота, скільки вона триває.
- Центри затрат - їх можна трактувати як статті затрат, тобто конкретні цілі, на які направлені затрати.

Функціонально-вартісний аналіз проводиться у наступному порядку. Спочатку визначають статті витрат, по яких треба виконати розрахунки, підрозділи системи, для яких виконують розрахунки і проміжки часу, протягом яких необхідно мати розрахунки і відобразити їх у звітній документації. Задають одиниці вимірювання затрат - в карбованцях чи іншій валюті, та часу - в місяцях, днях, годинах, хвилинах і т.п. Після цього виконують розрахунки для окремих підрозділів по кожній із статей витрат.

Закінчивши розрахунки для підрозділів, за допомогою генератора звітів виводять зведений баланс по підрозділах чи підприємству в цілому та всіх статтях витрат чи кожній зокрема. Результати розрахунку подають у вигляді фінансового звіту. Звіти виконують за вказаними проміжками часу, а саме: помісячні, поквартальні, річні звіти.

Статті затрат стандартизовані, хоч для окремих виробничих та інших підприємств вони дещо різні. Такими статтями є:

- заробітна плата;
- накладні видатки;

- амортизаційні відрахування;
- нарахування на зарплату;
- транспортні затрати;
- затрати на електроенергію, тепло, воду та ін.;
- податки на додану вартість та ін.;
- витрати на матеріали, комплектуючі,
- орендна плата;
- інші витрати.

Більш детально порядок виконання функціонально–вартісного аналізу описано в наступному параграфі та в [45].

3. Порядок виконання функціонально-вартісного аналізу за допомогою пакету програм BPwin

Розпочинаючи ФВА, перш за все необхідно пересвідчитись в адекватності моделі, виправити всі можливі помилки, пройти цикли експертизи відносно адекватності моделі об'єкта моделювання. Головні вимоги тут такі: завершеність, адекватність, повнота та стабільність моделі:

- завершеність моделі визначається повнотою декомпозиції системи;
- адекватність моделі визначається тим, наскільки модель відображає дійсний стан речей, наскільки точно вона відповідає системі;
- Повнота моделі визначається тим, що вона повинна охоплювати систему повністю;
- Стабільність моделі - це такий стан моделі, при якому модель проходить цикл експертизи спеціалістів без змін, тобто коли спеціалісти не мають зауважень відносно створеної моделі і повністю погоджуються з моделлю.

Якщо створення моделі закінчене і вона відповідає наведеним вимогам, то можна продовжити виконання функціонально – вартісного аналізу. Аналіз розпочинають з вибору одиниць вимірювання вартості і часу. Вибравши одиниці вимірювань, їх слід ввести в комп'ютер. Для цього треба вивести на екран діалогове вікно MODEL PROPERTIES на сторінці ABC UNITS. У відповідні розділи діалогового вікна ввести одиниці вимірювань часу і вартості, наприклад, час у годинах, а вартість у гривнях. Оскільки більшість програмних продуктів не передбачає використання таких грошових одиниць, як гривні, то необхідно вказати, що це нові для даної програми грошові одиниці і ввести їх визначення

самостійно. Вигляд діалогового вікна MODEL PROPERTIES на сторінці ABC UNITS показано на рис. 48.

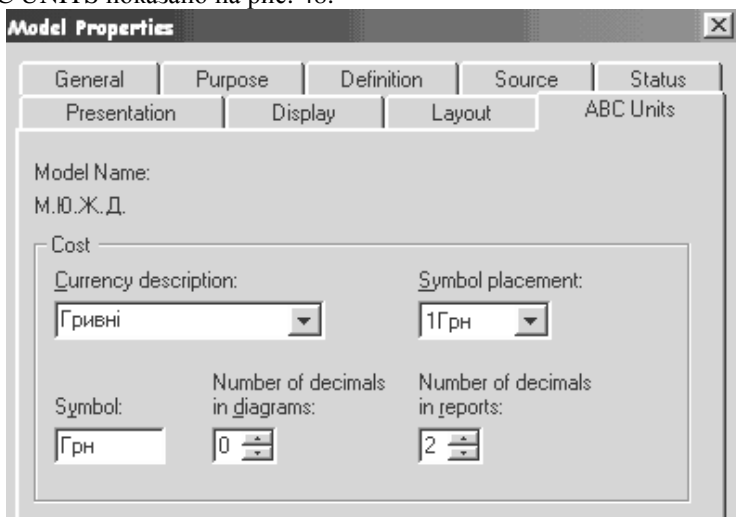


Рис. 48 - Вигляд діалогового вікна вибору грошових одиниць пакету BPwin

Після опису одиниць вимірювання слід описати статті витрат, за якими будуть виконуватись розрахунки. Для кожної статті витрат треба ввести назву й дати опис. Для внесення статей витрат необхідно викликати діалог COST CENTER EDITOR і ввести назви статей витрат та необхідні описи для кожної статті затрат. Зразок бланку діалогу показано на рис. 49.

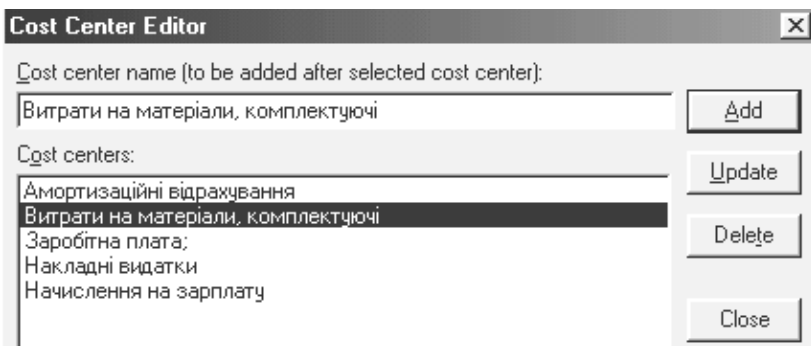


Рис. 49 - Діалогове вікно вводу статей затрат

Після виконання цієї підготовчої роботи розпочинають безпосереднє введення числових даних у модель. Ці дані повинні бути підготовлені і з'ясовані за час побудови моделі та проходження циклів експертизи. Дані по витратах, як і всі інші дані по моделі, збирають на початку моделювання за наявними письмовими джерелами інформації, уточнюють під час моделювання та консультацій з експертами і під час проходження експертизи моделі. Бажано, щоб статті витрат та їх величини витрат для виконання кожної окремої роботи були задокументовані, тобто вводити їх в модель потрібно з певного фінансового документа, що діє на підприємстві. Дані треба вводити для кожного блоку роботи моделі.

Введення даних розпочинають з блоків робіт, що знаходяться на самому низькому рівні ієрархії моделі. Ці блоки в зображенні моделі мають закреслений лівий верхній кут, що свідчить про те, що цей блок не підлягав декомпозиції. Для вводу даних на діаграмі потрібно вибрати потрібний блок. Блок слід вибирати, починаючи з нижнього рівня декомпозиції (з відміткою у правому верхньому куті). Для цього треба розмістити курсор на блоці і натиснути праву клавішу мишки. З контекстного меню вибрати пункт COST EDITOR. Вигляд контекстного меню показано на рис. 50.

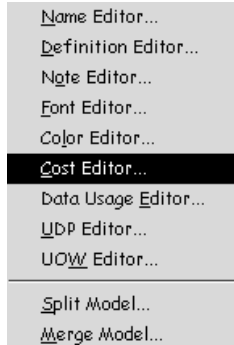


Рис. 50 - Вигляд контекстного меню виклику бланку вводу даних ФВА

Після цього з'являється діалогове вікно (бланк) введення числових даних ФВА. Зразок вікна показано на рис. 51.

Заповнюють бланки для всіх блоків діаграми самого низького рівня декомпозиції (тих, які не підлягали подальшій декомпозиції).

Далі приступають до заповнення блоків робіт, для яких виконана декомпозиція. Під час введення інформації у такі блоки затрати по окремих статтях вже не вводять, оскільки вони автоматично обчислю-

ються комп'ютером за тими даними, які вже були введені в блоки декомпозиції. Тут необхідно вказати тільки час виконання роботи у процесі функціонування всієї системи і періодичність виконання роботи окресленої таким блоком. Поступово, заповнюючи бланки ФВА для всіх блоків діаграми, завершують введення даних функціонально - вартісного аналізу.

IDEFO Activity Properties

Activity Name: Обеспечить высадку на конечной станции

Cost Center	Гривні
Зарботная плата	120,00
Начисления на заработную плату	20,00
Амортизационные отчисления	0,00
Плата за энергоресурсы	0,00

This Activity has NO Decomposition. Total cost: 140,00

☐ Override decompositions Total cost x Frequency: 140,00

☐ Compute from decompositions

Frequency: 2,00

Duration: 3,00 Days

Duration x Frequency 3,0000 Days

Cost Center Editor...

OK Отмена Применить Справка

Рис. 51 – Діалогове вікно введення числових даних ФВА.

Подальший аналіз виконується комп'ютером самостійно за програмою АВС – аналізу і результати його виводяться на дисплей. Результатом роботи програми є дані по окремих статтях витрат, по окремих роботах та загальні дані для всіх робіт і цієї системи в цілому. Розраховують затрати в грошових одиницях, а також затрати часу. Ці результати виводять у двох формах, а саме: як цифри витрат на діаграмах у правому нижньому куті кожного блоку роботи і у формі звіту по функціонально – вартісному аналізу (ФВА).

4. Одержання звіту по функціонально-вартісному аналізу

Головним результатом ФВА є звіт, що оформляється і виводиться в результаті розрахунків. Пакет VPwin дозволяє одержати звіт як по всій моделі, так і по її окремих частинах. У зв'язку з тим, що вимоги користувача до того, який звіт потрібно одержати і як його оформити можуть бути різноманітними, в програмний пакет входить спеціальна програма конструктора звітів.

Вигляд діалогу побудови звіту по функціонально-вартісному аналізу показано на рис. 52.

Рис. 52 - Діалогове вікно конструктора звітів моделі IDEF0

У діалозі відмічають дані, які потрібно вивести у звіт, і форму звіту. Конструктор звітів моделі IDEF0 дозволяє одержати звіти:

- по роботах (Cost Center Report);
- по статтях витрат (Cost Center Report);
- сумісний звіт по роботах і статтях витрат (Activity Cost / Cost Center (landscape)).

Кожен звіт може бути виконаний як для всієї моделі, так і для її частини. Підготовлений звіт можна проглянути, вибравши кнопку меню Preview... Після ознайомлення зі змістом звіту можна його коректувати і роздрукувати чи зберегти у вигляді файлу на зовнішньому носії або жорсткому диску комп'ютера. Більш детальний опис порядку побудови функціональної моделі і виконання функціонально – вартісного аналізу міститься в [18, 19, 22, 45].

5. Аналіз функціональної моделі

Системний аналіз виконують, як правило, за замовленням підприємств і він має мету підвищення економічної ефективності діяльності, зменшення затрат на виробництво, покращання якості продукції, підвищення конкурентноздатності. Для цього виконується детальний аналіз всіх складових частин підприємства, їх роботи, зв'язків між окремими роботами, затрат на виконання робіт. Побудована функціональна модель є результатом такого аналізу. Вона значною мірою полегшує вивчення роботи підприємства, дає потрібні дані для удосконалення його діяльності, покращання роботи. Першою моделлю, яка будується, є модель функціонування системи AS-IS (як є). Вона описує систему так, як вона є на момент аналізу. На основі цієї моделі будують моделі TO-BE (як повинно бути). Моделі TO-BE зображають систему в зміненому варіанті так, як на думку аналітиків, повинна функціонувати система, щоб діяльність її була найбільш ефективною. Таких моделей TO-BE потрібно побудувати декілька і вибирають одну з них для практичного втілення. Вибір моделі системи для практичного втілення відбувається на основі певних критеріїв ефективності. Результати аналізу впроваджують шляхом зміни технологічних процесів виробництва на підприємстві або реструктуризації (реінженірингу) самого підприємства. Реінженіринг підприємства – це зміна його організаційної структури з метою підвищення ефективності його діяльності [17, 32, 33]. Функціональна модель дає потрібні дані для виконання такого реінженірингу.

Розглянемо питання, які дозволяє вирішити функціональна модель підприємства. По-перше, вона дає змогу виявити резерви підвищення ефективності. Ці резерви можуть бути в тому, що деякі роботи на підприємстві виконують багато разів на різних рівнях, є лишні дублювання робіт або неефективне використання їх результатів. По-друге,

резерви підвищення ефективності можуть полягати в тому, що робота підприємства нечітко організована, не всі потрібні функції закріплені за виконавцями, через що відбуваються збої у виробництві, виникають простой. По-третє, резерви покращання ефективності діяльності можуть бути і в тому, що деякі роботи не мають практичного результату, не є необхідними і затрати на їх виконання. По-четверте, аналіз вартісної сторони дозволяє виявити найбільш затратні роботи і звернути увагу на них, а також змінити порядок виконання робіт, що в деяких випадках також дає відчутні результати підвищення ефективності роботи.

Розглянемо детальніше кожен із зазначених шляхів підвищення ефективності функціонування системи.

Побудова функціональної моделі дозволяє зрозуміти недоліки роботи системи і впорядкувати її. Побудова моделі потребує в першу чергу чіткого визначення функцій кожного елемента системи, що значною мірою направлено на покращання її роботи. Крім цього, модель вимагає, щоб усі блоки робіт були зв'язані між собою і зв'язки відображали всі об'єкти, дані (матеріальні й інформаційні), якими обмінюються блоки робіт. Внесення зв'язків у модель дозволяє прослідкувати за всіма потоками в системі, впорядкувати їх. Під час побудови моделі виявляються також роботи, які не мають виходу чи мають недостатнє керування, або у них відсутні вхідні величини. Такі блоки робіт програма відмічає як помилкові з вимог синтаксису моделі (в реальній системі це роботи непотрібні, бо керування ними відсутнє або вони не дають ніякого вихідного результату).

Побудова моделі дозволяє виявити функції системи, що повторюються на різних етапах. Виконання одних і тих же функцій різними підрозділами системи знижує ефективність її діяльності, оскільки це вводить непотрібне дублювання робіт. Під час побудови моделі синтаксичний контроль не допускає введення блоків з однаковими роботами.

При аналізі моделі виявляються також функції, які повинні виконуватись, але фактично не виконуються. Це призводить до того, що порушується нормальний цикл роботи системи, виникають простой, вузькі місця. Введення змін в систему, дозволяє виправити ці недоліки суттєво підвищує ефективність роботи.

Функціонально-вартісний аналіз дозволяє виявити роботи, які є найбільш затратними, вказує, в якому напрямку необхідно вдосконалити систему, щоб підвищити ефективність її роботи. Наприклад, при аналізі функціонування АСКР-Е (автоматичної системи керування рухом електротранспорту) було виявлено, що найбільш затратними є передача інформації по каналах зв'язку і витрати на роботу диспетчерів кінцевих станцій маршрутів. При заміні провідних ліній зв'язку, кількість яких є

великою, а експлуатація дорогою, радіоканалом затрати на експлуатації значно знижуються і за короткий час витрати компенсують на реконструкцію. Обов'язки диспетчерів кінцевих станцій можуть бути покладені на автоматизовану систему керування, а це також приводить до суттєвого зменшення витрат експлуатаційних затрат.

У деяких випадках навіть проста зміна порядку виконання робіт може привести до зниження затрат. Проілюструємо це прикладом [29]. Розглянемо процес оформлення домовленості на постачання матеріально-товарних цінностей у фірмі. У ній встановлено такий порядок: договір на постачання оформляють і відправляють підприємству–виробнику товару для надання згоди і підписання. Після підписання договору виробником його візують у відділах фірми, підписує генеральний директор, після чого він вступає в дію. Функціональна модель підписання договору показана на діаграмі AS-IS рис. 53.



Рис. 53 - Діаграма AS-IS візування договору на фірмі (вартість робіт виділена шрифтом)

На перший погляд усе правильно: спочатку договір підписує зацікавлена сторона, в даному випадку виробник товару, а пізніше він попадає на підпис керівництву фірми. Але в ході аналізу виявлено, що виробник майже ніколи не відмовляє у підписанні договору і поставці товарів, а ось у керівництва фірми виникає ряд вимог щодо товару. В результаті договір може бути не підписаний. Аналіз ймовірності відмов

на кожному етапі й затрат показує, що зміна порядку підписання договору може привести до зниження загальної вартості підписання. На рис. 54 показано модель типу TO-BE організації роботи по підписанню договору, в якій вартість підписання суттєво менша.



Рис. 54 - Діаграма TO-BE візування договору на фірмі

Відповідно до моделі AS-IS договір спочатку візують співробітники фірми, потім відправляють на погодження і підпис постачальнику, після цього його підписує керівник фірми і він вступає в дію. У моделі TO-BE змінено порядок підписання.

Після виконання функціонально-вартісного аналізу за допомогою комп'ютера з урахуванням кількості документів, які пройшли кожен етап візування, одержано загальну вартість підписання 10 документів згідно з варіантом AS-IS – 738 грн., а за варіантом TO-BE – 542 грн. Розглянемо, звідки виявилась така різниця в сумарних затратах. Для цього виконуємо розрахунки. Затрати на окремі роботи такі:

- Підпис договору у постачальника - 55 грн.
- Візування договору співробітниками фірми - 10 грн.
- Підпис керівника фірми - 14 грн.

Нехай, для прикладу, з 10 договорів виробник може відхилити 1. При візуванні договору ще 2 договори можуть бути відхилені, при підписанні керівником фірми ще 2 договори відхиляються. Тоді при поряд-

ку підписання відповідно до моделі AS-IS підписаних договорів буде 5, а загальні затрати складатимуть:

$$55*10 + 10*9 + 14*7 = 738 \text{ грн.}$$

Згідно з моделлю TO-BE загальна кількість підписаних договорів також буде 5, але зміниться кількість документів підписаних на кожному етапі. Сумарні витрати будуть такими:

$$10*10 + 14*8 + 55*6 = 542 \text{ грн.}$$

Тут при орієнтовних розрахунках враховано, що на перший етап поступає 10 договорів, а на кожному наступному етапі відхилені договори вже розглядати і підписувати немає потреби.

Цей приклад ілюструє, що навіть проста зміна порядку виконання робіт може дати відчутний економічний ефект. У нашому випадку цей ефект становить 196 грн. при початкових затратах 738 грн., що складає 26,6%. Наведений приклад не поодинокий. Аналогічна ситуація виникає при виготовленні певних виробів та їх вибраковці, при виконанні ремонтних робіт, коли частина деталей йде в повторне використання та в багатьох інших випадках. Цей приклад також свідчить про ефективність використання функціональних моделей систем та виконання функціонально-вартісного аналізу за допомогою таких моделей.

Контрольні запитання

1. Яке значення має термін функціонально-вартісний аналіз, як він здійснюється?
2. Які основні завдання ФВА?
3. Який порядок виконання ФВА?
4. У чому полягає вимога адекватності моделі?
5. Який статус повинна мати функціональна модель для виконання ФВА?
6. Що розуміють під поняттями “центри затрат”, “статті затрат”?
7. Які статті затрат Ви знаєте?
8. Що розуміють під поняттям “стабільність моделі”?
9. Як вказати статті затрат при побудові функціональної моделі на комп’ютері?
10. Як позначаються на моделі блоки робіт, для яких не виконана процедура декомпозиції?
11. В якому порядку слід вводити числові дані по статтях затрат у функціональну модель?
12. Для чого призначений генератор звітів функціональної моделі?

13. Які типи звітів можна побудувати за допомогою генератора звітів функціональної моделі?

14. Назвіть можливі причини низької ефективності діяльності підприємств, які дозволяє виявити функціональна модель.

Розділ 12. Інформація і система. Інформаційні моделі систем

1. Поняття інформації. Роль інформації в системі

Головною ознакою системного аналізу є всебічний розгляд системи. Виконуючи системний аналіз системи, не можна обмежитись тільки описом її матеріальної та функціональної сторін, а треба виконати дослідження інформаційної сторони. У будь-якій системі інформаційні процеси відіграють дуже важливу роль. Розуміння, що таке інформація і яку роль у системах вона відіграє, прийшло не одразу. Тепер ми тільки входимо в новий інформаційний світ, усвідомлюємо, що інформація у світі є чи не найголовнішою. Розвиток людства можна умовно розділити на три етапи, а саме:

- набуття навиків володіння матерією, матеріальними об'єктами;
- оволодіння енергією, здобуття енергетичної могутності;
- розвиток інформатики, вміння керувати інформаційними процесами.

Період оволодіння матерією - це довгий період становлення людства від дикої природи до розумної людини, коли людина взяла в руки перші знаряддя праці і в своєму розвитку стала людиною розумною (*homo sapiens*). За цей період сформувався людський розум, сформувалась людина як біологічний вид.

Розвиток людства значно прискорився після оволодіння енергією, енергетичними ресурсами. Від використання тільки своєї фізичної сили, сили приручених тварин людство поступово перейшло до використання енергії вітру, води, теплової енергії, енергії атомного ядра. Могутність людини зросла, почався період технічного прогресу, особливо бурхливим після створення першого парового двигуна. Сьогодні він визначається володінням енергетичними ресурсами, умінням передавати енергію, перетворювати її з одного виду в інший: теплову в електричну, електричну в механічну, ядерну в теплову й електричну.

Розвиток людства на сучасному етапі зумовлений не стільки володінням енергією, потужними силами природи, а умінням ними керувати, розвитком інформаційної сторони. Інформація стає чи не найважливішим показником розвитку людства. Недаремно існує вислів "Хто володіє інформацією – той володіє світом". Всі сучасні технології засновані на використанні інформації. Інформація є основою життя на Землі. Всі живі організми створені завдяки інформації, що зберігається в молекулах дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК). Ці молекули не-

суть інформацію про будову всіх живих організмів від мікробів та вірусів до людини, від простої водяної амеби до величезних вікових дерев. На основі цієї інформації природа створює всі організми за допомогою певних молекулярних механізмів. Використовуючи інформацію молекул ДНК клонують овець, намагаються відродити мамонтів та інших тварин, які вимерли тисячоліття назад.

Питання ролі інформації у системах частково розглянуті в розділі 8 цього посібника. Інформаційні процеси в системах не менш важливі ніж матеріальні. Практично жодна система не може існувати, якщо в ній не відбуваються процеси передачі й обміну інформацією. Це видно при розгляді будь-якого живого організму, будь-якої системи, як, наприклад, виробничий колектив, державна установа тощо. Розуміння ролі інформації приходить не одразу. Звичайно, можна промовляти “Спочатку було слово” і вести полеміку, що є первинним: дух, інформація чи матерія. Але це тільки підкреслює важливість інформації в світі, але, на жаль, не приводить нас до вирішення складних практичних завдань що повсякденно виникають.

Коло питань, які потрібно розглянути для аналізу інформаційних процесів у системі, надзвичайно широке. До них входить: формування інформаційних сигналів, передача і прийом інформації, кодування інформації, інформаційні потоки в системі, роль сигналів у керування системою, збереження інформації, її впорядкування та структурування, використання інформації для прийняття рішень т.п.

Для системи розрізняють таку інформацію:

- вхідну;
- вихідну;
- внутрішню.

Вхідна інформація – це інформація, що поступає в систему, яка обробляється нею, служить для забезпечення функцій системи. Вихідна інформація – це інформація, що є результатом діяльності системи, та інформація, що показує, в якому стані знаходиться система. Внутрішня інформація - це інформація, що передається між елементами системи, якою обмінюються складові частини при функціонуванні системи. Розрізняють також внутрішню системну інформацію. Це така інформація, що визначає систему як одне ціле, інформація, властива даній системі, без якої система не існує.

Інформаційні процеси в системах розглядаються з різних точок зору рядом наукових дисциплін. Це - діалектика, кібернетика та теорія керування, теорія прийняття рішень, теорія інформації, теорія інформаційних систем, системотехніка, теорія систем та ін. Кожна з цих дисциплін розглядає свої аспекти інформації. Діалектика розглядає інформа-

цію як одну з фундаментальних властивостей матерії. Ця властивість проявляється як відображення. Властивість відображення притаманна всім об'єктам органічної та неорганічної природи. Відображення виявляється в тому, що стан одного об'єкта залежить від стану іншого об'єкта. Найпростіший випадок відображення - це відбиток об'єкта в іншому при їх контакті. Найвищий ступінь відображення – це свідомість людини.

Кібернетика та теорія керування вивчають інформацію з точки зору керування системами. Кібернетика, у визначенні А.М.Колмогорова, – це наука, що вивчає системи будь-якої природи, здатні приймати, зберігати і переробляти інформацію, використовувати її для керування та регулювання.

Розділом технічної кібернетики є теорія автоматичного керування. Математичним апаратом теорії автоматичного керування є апарат диференціальних рівнянь. Ці рівняння описують процеси керування у системах. Результатом вивчення систем в теорії автоматичного керування є питання поведінки системи під час керуючих дій, встановлення стійкості керування та його точності. За допомогою математики встановлено умови стійкості систем при керуванні, умови, при яких можлива втрата керованості системою і перехід системи до некерованої поведінки. Результати цієї наукової дисципліни мають велике значення при забезпеченні надійності керування технічними системами, розумінні складних процесів керування у природних системах.

Теорія прийняття рішення розглядає питання вибору рішення при наявності або відсутності достатньої інформації про систему. Питання прийняття рішення відноситься до матеріалу цього курсу і деякі її аспекти будуть розглянуті далі.

Теорія інформації вивчає такі поняття, як визначення інформації, вимірювання інформації, закономірності її передачі та прийому, кодування інформації. Математичним апаратом теорії інформації є апарат теорії ймовірностей та випадкових процесів.

Системотехніка вивчає питання проектування, створення, експлуатації та випробування складних систем. Вона безпосередньо приймає до теорії систем і системного аналізу, хоча розглядає питання інформації і інформаційних систем більше в практичному значенні.

Інформація (від лат. Information – пояснення, переказ) - це передача людьми певних відомостей за допомогою слів, знаків, жестів і т.п.

Більш розширене поняття інформації, що використовується в наукових дисциплінах, таке. Інформація - це відображення одних об'єктів у інших, це сукупність відомостей, знань, що отримується, передається,

перетворюється живою чи неживою системою, реєструється, фіксується і може використовуватись для цілей керування системою.

Відображення одного об'єкта в іншому - це загальна властивість матерії. Відображення не завжди викликається прямою взаємодією об'єктів. Як правило, воно встановлюється в результаті взаємодії з проміжними об'єктами, як, наприклад, відображення на фотографії відбувається за допомогою світла, відтиск печатки на папері - за допомогою чорнил, відтворення звуків - за допомогою звукових хвиль. Ці проміжні об'єкти виступають як носії інформації, їх називають сигналами. Сигнал – це матеріальний носій інформації стан якого містить певні відомості, це засіб передачі інформації у просторі й часі.

Отже, сигналом є певний матеріальний об'єкт і інформація полягає якраз у стані цього об'єкта. Зміна стану об'єкта, який є сигналом, може відбуватись в часі і просторі. Перш за все необхідно властивістю сигналів є їх стійкість, тобто збереження певного стану протягом часу і при переміщенні в просторі. Залежно від стійкості сигнали бувають двох типів:

- статичні,
- динамічні.

Статичний сигнал - це такі матеріальні об'єкти-носії інформації, стан яких можна задати, і після цього він залишається незмінним протягом довгого проміжку часу. Статичні сигнали використовують для збереження інформації як носії незмінної інформації. За допомогою їх відбуваються запис і збереження інформації. Це, наприклад, магнітофонна стрічка, книжка, фотографія, кінострічка, голографічна платівка, грамофонний диск, вінчестер комп'ютера, демаркаційні й геодезичні знаки, триангуляційні пункти і т.п.

Динамічні сигнали – це матеріальні об'єкти - носії інформації, які змінюються у часі і можуть поширюватись у просторі. Як динамічні сигнали використовують динамічні властивості силових полів, як-от звукового, електромагнітного. Інформація, що передається сигналом, не залежить від його природи. Одна і та ж інформація може передаватись сигналами різної природи. Важливою характеристикою динамічних сигналів є зміна стану протягом часу. За допомогою цієї зміни стану передають повідомлення.

Повідомлення – це передача певної інформації за допомогою сигналу.

Повідомлення завжди складається з послідовності символів. Можливі символи повідомлення складають його алфавіт. Кожен символ алфавіту визначається кодом сигналу. В теорії інформації вводять таке поняття, як обсяг алфавіту, тобто кількість символів, за допомогою яких

може передаватись інформація і які розрізняються як різні символи. Обсяг алфавіту, окремі символи встановлюють за домовленістю, що називається кодуванням. Коди сигналів залежать від того, для передачі якої інформації призначений алфавіт, і кількості можливих станів об'єкта, який є сигналом. Число можливих станів визначається об'єктом, що служить сигналом. У багатьох випадках використовують два стани, наприклад, іде чи відсутній електричний струм, є модуляція несучої частоти чи відсутня, світиться чи не світиться фотодіод, намагнічена чи ні певна ділянка магнітної стрічки. Як правило, алфавіт містить символів більше ніж є станів сигналу. В такому випадку для передачі повідомлення використовують послідовний код, послідовну зміну станів сигналу. Обсяг алфавіту в такому випадку складає $N = m^n$ символів, де m – кількість станів носія сигналу, а n – кількість змін, які відповідають одному символу. Наприклад, телеграфний код являє собою послідовність п'яти станів, його алфавіт містить $N = 2^5 = 32$ символи, а кодування сигналів в комп'ютері здійснюється за допомогою восьми чарунок пам'яті, тобто алфавіт складається з $N = 2^8 = 256$ символів.

Повідомлення завжди містить певну інформацію. Важливим результатом теорії інформації є відкриття, що інформацію можна вимірювати, вона має свою міру. В теорії інформації міра інформації може визначатись двоюко, з однієї сторони, незалежно від її змісту в “бітах”, а з іншої, як міра зміни ентропії системи. Одиницею інформації, що знайшла широке використання, є “біт” Біт – це найменша кількість інформації, що міститься в повідомленні про те, в якому з двох можливих станів знаходиться об'єкт, це відповідь на запитання типу “так” чи “ні”, наприклад, положення контактів реле ввімкнуте чи розімкнуте Цим станам умовно присвоюють позначення “0” чи “1”. Символ телеграфного коду містить 5 біт інформації, а символ клавіатури комп'ютера – 8 біт. Інформація об'ємом 8 біт має назву байт, а об'єм інформації 2^{10} байт – кілобайт . 1 кілобайт дорівнює 1024 байта.

Важливим результатом теорії інформації є встановлення та поглиблення поняття ентропії системи. Це поняття, як ми це вже розглядали, було введено С. Больцманом при вивченні термодинаміки. Поняття ентропії – це загальне поняття, що відноситься до усіх об'єктів природи. Ентропія це функція стану системи, що є мірою ймовірності даного стану. В біологічних системах ентропія пропорційна зв'язаній енергії системи. У теорії інформації ентропія визначає невизначеність, брак інформації, а зміна ентропії в результаті одержання певного повідомлення є мірою інформації в цьому повідомленні. Не вдаючись у всі тонкості визначення ентропії як міри інформації, зауважимо, що другий закон

термодинаміки твердить: “У замкнутій системі всі процеси проходять так, що ентропія може тільки зростати”, тобто всі ізольовані системи в результаті внутрішніх процесів прагнуть до найбільш врівноваженого стану, в якому ентропія має найбільше значення, такого стану, в якому всі процеси в системі зрівноважуються і припиняються будь-які процеси направлено обміну матерією, речовиною чи інформацією. Теорія інформації поглибила це поняття, показала, що дія другого начала термодинаміки має загальний характер і властива усім об’єктам і процесам. Ентропія в теорії інформації – це міра невизначеності інформації. Її величину обрховують за формулою

$$H(A) = \sum_{i=1}^n p_i \log p_i .$$

Тут p_i – ймовірність знаходження об’єкта A в i -му стані (A_i), n – кількість можливих станів.

2. Вивчення інформаційної сторони системи. Інформаційні моделі системи

У системному аналізі, крім функцій системи та її елементів, матеріальної та енергетичної сторони системи, потрібно вивчити інформаційні процеси. Основною особливістю системного аналізу, відмінністю його від інших наукових дисциплін є всебічне вивчення систем. Системний підхід визначає, що при вивченні будь-якого об’єкта як системи проводяться дослідження матеріальної, енергетичної та інформаційної сторони. Вивчення інформаційної сторони системи – це вивчення цілей системи, організації системи сигналів у системі, інформаційних потоків, керування. Інформація в системі відіграє дуже важливу роль. Якщо матеріальні й енергетичні потоки створюють основу системи, то інформація організує її роботу, забезпечує зв’язки між елементами, керує роботою системи в цілому та її частин, забезпечує виконання системою своїх функцій.

У попередніх розділах було розглянуто три типи функціональних моделей системи, що будуються за допомогою комп’ютера і відображують функції системи. Ці моделі орієнтовані на функції системи і її елементів, є функціональними моделями. У моделі IDEF0 –основна увага приділяється роботам які виконуються в системі і їх взаємозв’язкам. У моделі потоків даних (DFD-діаграмі) розглядаються процеси обміну даними (матеріальними і інформаційними) між окремими роботами системи. У моделі послідовності процесів (IDEF3-діаграмі) розглянута логіка взаємодії робіт в системі і потоки даних між роботами. Усі три мо-

делі відображують функціональний підхід до аналізу системи, де головна увага приділяється функціям системи. Функції системи (роботи) зображуються окремими блоками, а потоки даних, що зображаються дугами, зв'язують роботи між собою, тобто потоки даних є інтерфейсами, які зв'язують роботи між собою і забезпечують функціонування даних моделей.

Інший погляд на систему є немов би дзеркальним відображенням функціональної моделі, а саме це інформаційні моделі [30]. В інформаційних моделях, на відміну від функціональних, основним елементом є дані, що зображаються у вигляді блоків, а роботи над даними служать інтерфейсами – дугами. Інтерфейсні дуги об'єднують дані. Ними виступають певні роботи, операції над об'єктами та інформацією. Інформаційні моделі часто називають моделями даних. Згідно з прийнятою термінологією під даними розуміють інформацію а також об'єкти, які є в системі. Потоками даних вважають передачу інформації, а також переміщення об'єктів у системі. Інколи їх розрізняють на матеріальні й інформаційні потоки і цю різницю вводять в модель різними позначеннями. В інформаційних моделях всі потоки зображують дугами, тобто направленими чи ненаправленими стрілками. У деяких моделях даних для дуг матеріальних потоків і інформаційних потоків вводять різні позначення.

Інформаційних моделей існує значно більше ніж функціональних. Це відбиває той факт, що інформація в системах відіграє значущу, а інколи і вирішальну роль. Різноманітні інформаційні моделі представлені, наприклад, у відомому пакеті ARIS [31]. Він дозволяє будувати більше 80 типів моделей систем. Ми розглянемо тільки один тип моделей, а саме модель даних типу сутність-зв'язок (ERD - моделі). Ця модель має велике значення при системному аналізі, знайшла широке використання у практиці розробки й використання інформаційних систем.

3. Поняття інформаційної системи

Інформаційні системи (ІС) – це прикладний напрямок розвитку інформаційних технологій. Він спрямований на вирішення конкретних завдань керування системою та його інформаційного забезпечення.

У широкому розумінні інформаційна система це будь-яка система обробки інформації. За цільовим призначенням інформаційні системи поділяють на

- керуючі;
- інформаційно-довідкові;
- допоміжні.

Керуючі ІС - це системи керування, що мають, як правило, складну структуру і призначені для керування роботою системи.

Інформаційно–довідкові - це системи, що забезпечують обслуговування певного кола спеціалістів, або певні керуючі системи. Вони можуть містити досить великі обсяги інформації. Розміщуються на одному комп'ютері або можуть бути розподілені на ряді комп'ютерів.

Допоміжні – це системи, призначені для підтримки прийняття рішення.

У більш вузькому розумінні інформаційні системи - це сукупність апаратних та програмних засобів, що використовуються для вирішення конкретного прикладного завдання.

Інформаційні системи розрізняють за архітектурою. Поняття архітектури введено через складність інформаційних систем, тому що більшість з них складається з великої кількості елементів і має багато різноманітних зв'язків. У даний час найбільш поширеними є інформаційні системи з архітектурою файл-сервер і клієнт-сервер. Ці системи мають комп'ютерну мережу, в яку входять комп'ютер-сервер і ряд комп'ютерів клієнтів інформаційної мережі. (Та ж архітектура може бути реалізована і на одному комп'ютері.) До складу інформаційної системи входять корпоративні й персональні бази даних. Корпоративні бази даних розміщують на комп'ютері–сервері, в яким може бути всякий комп'ютер з достатнім обсягом пам'яті й швидкодією. Відмінність вказаних архітектур полягає в тому, які функції виконують комп'ютери. В архітектурі файл-сервер комп'ютер, який є сервером бази даних, видає інформацію клієнту файлами без її обробки. В архітектурі клієнт-сервер здійснюється обробка інформації на сервері і клієнту видається вже оброблена інформація. Архітектура клієнт-сервер показана на рис. 55 [30].

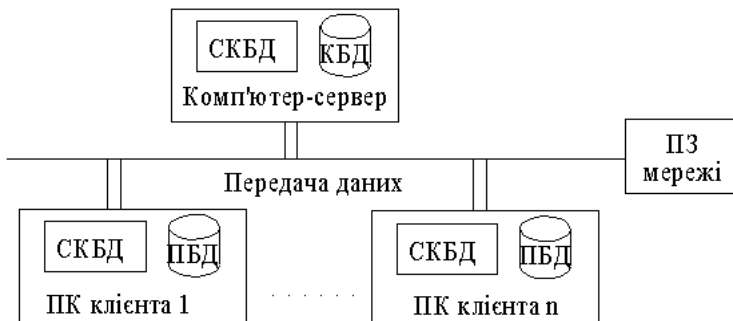


Рис. 55 - Архітектура інформаційної системи клієнт – сервер:
(СКБД – система керування базами даних; ПЗ – програмне забезпечення;
КБД – корпоративна база даних; ПБД – персональна база даних)

Важливими елементами інформаційних систем є бази даних і системи керування базами даних (СКБД). Бази даних відрізняються моделями даних. Сьогодні використовуються такі моделі даних:

- ієрархічна;
- сіткова;
- реляційна;
- пост реляційна;
- багатомірна;
- об'єктно-орієнтована;
- квадратомічна.

Моделі даних визначають порядок розміщення даних, доступ до них. Ієрархічна модель - це таке розміщення даних, яке може бути описане у вигляді ієрархічного дерева, їй відповідає деревовидний граф. Сіткова модель даних - це розміщення даних у вузлах певної мережі, сітки. Їй відповідає довільний, у принципі плоский граф. Реляційна модель - це модель, в якій дані розміщуються в окремих таблицях, а між таблицями встановлюються певні зв'язки. Постреляційна модель – це подальший розвиток реляційної моделі, в якій є багатозначні поля асоціацій. Багатомірна модель, це модель, в якій існує цілий ряд координат пошуку даних, кількість координат перевищує 2. Об'єктно - орієнтована модель відповідає певним об'єктам, пошук у ній здійснюється за ознаками об'єктів. Квадратомічна модель - це модель, у якій дані розміщуються відповідно з графом квадратомічного дерева, в якому на кожному наступному рівні є 4 розгалуження. Дані квадратомічної моделі розміщують аналогічно розміщенню даних на картах різного масштабу, коли дані нижчого рівня є більш детальними, відповідають даним карти більш дрібного масштабу, уточнюють, деталізують, доповнюють дані верхнього рівня.

Системи керування базами даних (СКБД) - це програмні продукти, що забезпечують збереження даних, доступ до них, їх зміну, редагування та використання. Вони поділяються залежно від функцій на такі:

- повнофункціональні СКБД;
- сервери баз даних;
- клієнти БД;
- засоби розробки програм роботи з базами даних.

Повнофункціональні СКБД – це такі, як наприклад: Access, Fox-Pro, Paradox, Rbase та цілий ряд інших. Вони забезпечують повний цикл робіт з базами даних, як-от: створення структури даних, розміщення даних і доступ до них, їх зміну, розробка програм обробки даних, розробка інтерфейсів користувача та ін.

Сервери баз даних - це програми, призначені для обробки даних, пошуку в них, тобто для керування базами даних, розміщеними на комп'ютерах-серверах.

Клієнтські програми - в їх якості можуть використовуватись різноманітні програми, як наприклад, повнофункціональні СКБД, електронні таблиці, текстові редактори, програми електронної пошти, пошукові системи і т.п.

Засоби розробки програм роботи з базами даних - це мови програмування, а також засоби створення моделей даних і їх подальшого використання, серед яких знаходяться і програмні засоби CASE – технологій.

4. Моделі даних типу сутність-зв'язок (ERD-моделі)

Модель сутність-зв'язок (ER Diagramming ER - аббревіатура слів Essence – сутність, Relation – зв'язок, відношення) - це логічна модель системи, в якій інформаційні процеси розглядаються з найбільш загальної точки зору. Вона відображає логіку обміну інформацією у системі. Це інформаційна модель системи, що відповідає реляційній моделі даних, тобто в ній прийнято, що дані для кожного типу об'єктів розміщуються окремо і між ними встановлюються певного типу зв'язки. У реляційній моделі дані розміщують в окремі таблиці і між ними встановлюють певні типи зв'язків. Ця модель широко застосовується для аналізу інформаційних процесів у системах при вивченні процесів керування в системах, а також при розробці інформаційних систем: керуючих, інформаційно-довідкових. Вона знайшла широке практичне використання в реалізації баз даних. Відомі системи керування базами даних, такі як Access, FoxPro, dBASE працюють саме з реляційними базами даних. Реляційні моделі даних студенти вивчають в курсі інформатики [30].

Логічна модель даних є універсальною моделлю. Розроблено ряд програмних продуктів, які використовують цю модель і автоматично можуть за нею побудувати бажану базу даних. Є навіть такі програми, які виконують зворотне перетворення, а саме перетворюють працюючу базу даних в логічну модель сутність-зв'язок. Ця властивість корисна на практиці, коли є програмне забезпечення, створене в одній з раніше розповсюджених СКБД, і його треба оновити для роботи в іншій СКБД. У такому разі будують логічну модель даних сутність - зв'язок, а з неї генерують коди потрібної бази даних. Отже, модель сутність - зв'язок має не тільки велике значення для вивчення інформаційних процесів у системі, але і широке практичне застосування.

Діаграми сутність - зв'язок будують в двох різновидах, або двох нотаціях (тобто позначеннях), чи двох методиках, а саме

- IDEF1x – Integration DEFinition for Inaormation Modeling,
- IE – Information Engineering.

Ці методики склалися історично і використовуються практично однаково. Програмні продукти, створені для побудови моделей сутність – зв'язок на комп'ютері, такі як ERwin та PowerDesinger, мають механізм переходу від однієї методики до іншої. Приклад такого переходу для пакету ERwin показано на рис. 56.

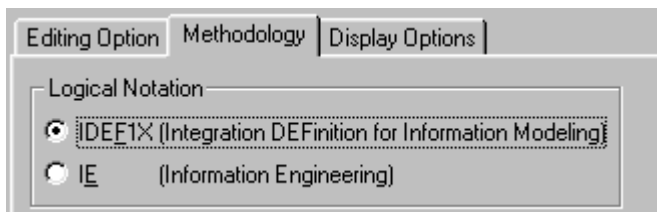


Рис. 56 - Вікно вибору типу позначень (методики) логічної моделі сутність – зв'язок у програмному пакеті ERwin

Відповідно до вибору методики одержані моделі називають IDEF1 – моделями чи IE – моделями.

Головними поняттями моделі сутність - зв'язок, є:

- сутність;
 - зв'язки між сутностями.
- Крім цих визначальних понять важливими є ще такі:
- атрибути сутності;
 - екземпляри сутності;
 - ключ сутності, чи ключові атрибути;
 - клас приналежності;
 - ступінь зв'язку.

Сутність - це об'єкт, що має важне значення в певній предметній області. Під поняттям “сутність” розуміють всі можливі об'єкти в системах, які, як сказано у визначенні, мають важливе значення. Це можуть бути певні люди чи спеціалісти: студенти, водії, продавці і т.п. певні групи людей: студентська група, бригада, нація; певні організації: магазин, бібліотека, фабрика; певні предмети; автомобіль, тролейбус, колесо, гайка, гвинт; певні документи: журнали, заяви, бланки; усні чи письмові повідомлення та багато іншого.

Назвою сутності є іменник. Наприклад, водій, тролейбус, бортовий журнал, студент, група і т.п.

Кожна сутність складається з екземплярів сутності, кожний з яких відрізняється певними атрибутами і однозначно ідентифікується. Екземплярами сутності “водій” є, наприклад, Петров, Іванов, Федоров.

Атрибут сутності являє собою одну з характеристик чи властивостей сутності, наприклад, прізвище, ім'я, рік народження, тип тролейбуса, посада, стаж і т.п. Атрибути сутностей також називають іменниками.

Ключ сутності чи ключовий атрибут - це атрибут або сукупність атрибутів, що використовуються для однозначної ідентифікації екземпляра сутності. Ключ може бути простим або складним, первісним або альтернативним. Наприклад, атрибутом сутності “тролейбус” може бути заводський, або реєстраційний номер. Атрибутом сутності “водій” може бути його прізвище. Але з однаковим прізвищем можуть бути декілька водіїв. Для однозначної ідентифікації сутності “водій” треба створити складний ключ, який буде складатися з декількох атрибутів, наприклад, прізвище, ім'я й по батькові. Такий складний ключ буде однозначно ідентифікувати водіїв. Користуватись складним ключем не завжди зручно, тому в якості ключа використовують, наприклад, табельний номер. Якщо в список атрибутів сутності ми включимо табельний номер, то сутність “водій” матиме вже два ключі. Табельний номер буде первісним ключем, а прізвище, ім'я та по батькові – вторинним, чи альтернативним ключем.

Зв'язки між сутностями відповідають логічним відношенням між сутностями, які встановлюють суттєвий зв'язок у даній предметній області. Зв'язки називають дієсловом. Наприклад, водій керує тролейбусом, за водієм закріплений тролейбус, тролейбус обслуговує маршрут. Зв'язки мають такі характеристики, як ступінь зв'язку (деколи називають потужність зв'язку), клас приналежності та тип зв'язку.

Ступінь зв'язку (потужність зв'язку) може бути один до одного (1:1) один до багатьох (1:M, чи 1:∞), багато до одного (M:1, чи ∞:1) чи багато до багатьох (M:M, чи ∞:∞). Наприклад за водієм закріплений автомобіль – такий зв'язок має ступінь 1:1. У депо може бути так, що за тролейбусом закріплюють 2 чи 3 водії, але кожен водій закріплений тільки за одним тролейбусом. Такий зв'язок має ступінь (1:∞). Можлива інша ситуація, коли за кожним водієм закріплюють не один, а декілька тролейбусів, і для тролейбуса призначають декілька водіїв одночасно (для роботи в різні зміни). Такий зв'язок матиме ступінь (∞:∞).

Зв'язки можуть бути обов'язковими і необов'язковими Клас приналежності визначає обов'язковим є зв'язок чи ні. Обов'язковий клас приналежності відповідає такому зв'язку, при якому кожен екземпляр

сутності обов'язково повинен брати участь у зв'язку, необов'язковий клас приналежності - деякі екземпляри сутності можуть не брати участі в зв'язку. Наприклад, обов'язковий клас приналежності: господар автомобіля має автомобіль, тобто кожен автомобіль належить певному господарю. Ще один приклад: за кожним водієм в депо обов'язково закріплений тролейбус. Приклади необов'язкового класу приналежності: громадянин має свій автомобіль, не обов'язково кожен громадянин має автомобіль. У депо можуть бути підмінні водії, за якими не закріплено жодного тролейбуса.

Оскільки всякий зв'язок двосторонній, то ступінь зв'язку і клас приналежності можуть бути різними на різних кінцях зв'язку.

У моделі IDEF1x під час встановлення зв'язку розрізняють також залежні й незалежні сутності. Для залежних сутностей визначається батьківська і дочірня сутність. Наприклад, "клієнт" і "замовлення". Клієнт зробив замовлення і сутність "замовлення" є залежною сутністю, її деколи називають дочірньою сутністю, а "клієнта" - батьківською.

Тип зв'язку між залежними сутностями може бути ідентифікуючим чи неідентифікуючим. Ідентифікуючий тип зв'язку такий, коли екземпляр однієї сутності ідентифікує (визначає) екземпляр іншої сутності. Наприклад, номер замовлення вже визначає те, який клієнт його зробив. Тип зв'язок введено в модель тому, що, наприклад, в інформації про замовлення не має ніякого сенсу, коли немає замовника, немає даних про замовника.

Розглянемо позначення, прийняті у стандартах IDEF1 (її удосконалений варіант IDEF1x) та в ІЕ моделі. Вони в основному співпадають і головні відмінності тільки в зображеннях зв'язків. У даних стандартах сутності позначають прямокутниками (як виняток дочірні сутності позначають прямокутником із закругленими кутами), а зв'язки між сутностями – лініями. Назви сутностей записують зверху безпосередньо над сутністю, атрибути сутності записують в середині прямокутника сутності. Для залежних (дочірніх) сутностей в позначенні прямокутника краї округляють. Приклад позначення сутності показано на рис.57.

У прямокутнику сутності виділяють ключ (ключовий атрибут) і записують його зверху, відділяючи лінією від решти атрибутів. Якщо ключ складний, то відділяють декілька атрибутів, що складають ключ, як показано на рис. 58.

Тролейбус
Регістраційний номер
Тип тролейбуса
Дата випуску
Пробіг в кілометрах
Дата останнього ремонту
За ким закріплений

Рис. 57 - Приклад позначення сутності “Тролейбус”

Водій
Прізвище
Ім'я
По батькові
Рік народження
Дата поступлення на роботу
Класність
Бригада

Рис. 58 – Приклад сутності із складним ключем

Зв'язки між сутностями зображують лініями. Ідентифікуючий зв'язок показують суцільною лінією, яку проводять від батьківської до дочірньої сутності. Неідентифікуючий зв'язок показують пунктирною лінією. Дочірній кінець зв'язку позначають жирною точкою. Оскільки у випадку ідентифікуючого зв'язку сутності є залежними, одна з них батьківська, а друга дочірня, то в дочірній сутності закругляють краї. Якщо діаграма виконується за допомогою комп'ютера, то програмне забезпечення автоматично змінює зображення сутностей відповідно до типу зв'язку, наприклад, як показано на рис. 59.

Як видно з рис. 59 під час встановлення зв'язку комп'ютерна програма змінює сутності. На рис. 59 а) показано сутності між якими зв'язок не встановлений.

На рис. 59 б) встановлений ідентифікаційний зв'язок. Змінилася форма зображення сутності - рамка із закругленими краями вказує, що сутність “замовлення” є дочірня. Крім цього в сутності з'явився новий ключ “Персональний номер”. При встановленні ідентифікаційного

зв'язку ключ батьківської діаграми автоматично переноситься (мігрує) до складу ключа дочірньої діаграми. Це відображає той факт, що у замовленні повинно бути вказано, який клієнт зробив його. Адже в іншому разі виконати замовлення не можна. Такий ключ називається зовнішнім ключем і позначається літерами (FK).

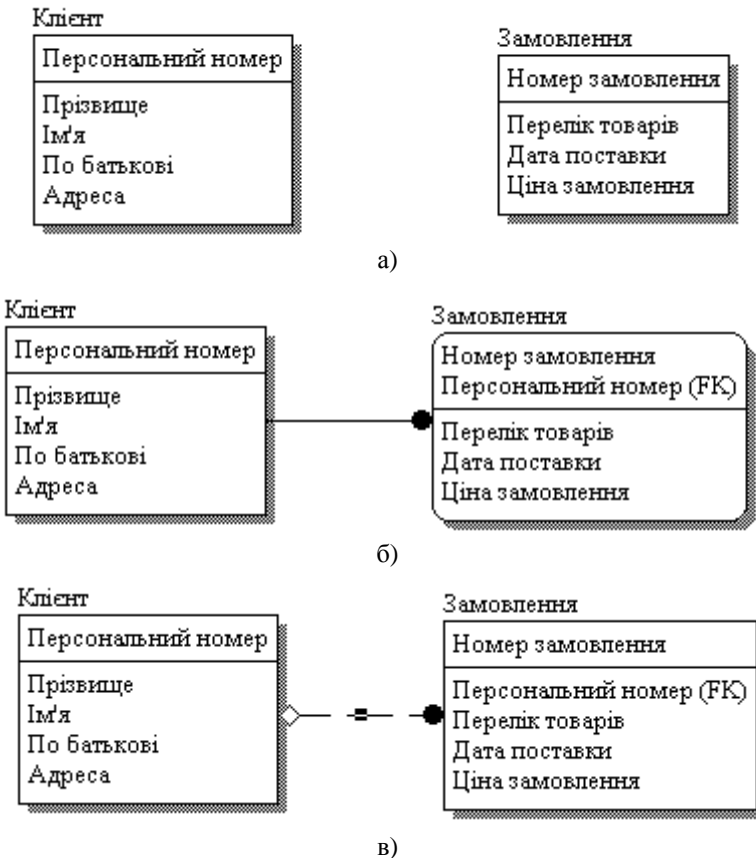


Рис. 59 - Приклад встановлення ідентифікаційного та неідентифікаційного зв'язку:

- а) – зв'язок відсутній, б) – встановлено ідентифікаційний зв'язок, в) встановлено неідентифікаційний зв'язок

На рис. 59 в) встановлений неідентифікаційний зв'язок. У випадку неідентифікаційного зв'язку зовнішній ключ також мігрує, але додається як атрибут в список атрибутів сутності, в яку він мігував.

Відмінність стандарту зображень ІЕ від стандарту IDEF1 полягає в умовних зображеннях зв'язків. Діаграма у стандарті ІЕ матиме вигляд, показаний на рис. 60.

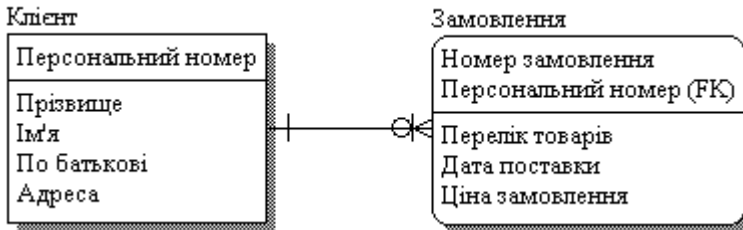


Рис. 60 - Зображення ідентифікуючого зв'язку в стандарті ІЕ (Information Engineering).

Порядок побудови логічної моделі такий:

- 1) виділяємо сутності;
- 2) визначаємо зв'язки між сутностями;
- 3) описуємо атрибути сутностей, визначаємо ключові атрибути;
- 4) уточнюємо типи зв'язків;
- 5) виконуємо нормалізацію логічної моделі даних.

Процедури побудови логічної моделі даних системи за номерами 1 – 4 розглянуті вище і в певній мірі є зрозумілі. Необхідно ще дати пояснення процедури нормалізації.

Нормалізація логічної моделі - це процес редагування сутностей та їх атрибутів з метою задоволення вимог до бажаної структурної організації даних.

Процес нормалізації полягає в послідовному приведенні структури даних до якомога вищої нормальної форми.

Структурна даних охоплює питання, де і як розміщена інформація. Вона повинна задовольняти певним вимогам, а саме, щоб інформація про кожен об'єкт зберігалась тільки в одному місці, мала мінімальний обсяг, і були відсутні аномалії в організації даних. Структура даних визначає, як виконуються операції внесення, видалення і зміни даних. Питання організації даних і роботи з ними надзвичайно складні. Візьmemo, наприклад, зміну назви населеного пункту. Ми вже знаємо, що така зміна потребує затрати значних коштів. На що вони витрачаються? Роботи і витрат тут багато. Потрібно змінити всі вивіски, які є в населеному пункті, вивіски на шосейних дорогах і залізницях. Необхідно проінформувати населення про зміни, змінити поштову індексацію і внести зміни у всі поштові довідники. Необхідно змінити і внести зміни в розклади руху поїздів, автобусів. Треба внести зміни у всі довідники, що

видаються різними організаціями не тільки своєї країни, але й інших країн. Треба змінити географічні карти, атласи. Отже, як бачимо, робота з даними є досить складною. Складності виникають не тільки при зміні даних, а також при введенні нових даних або вилученні існуючих. Тому організація даних, їх структура відіграють важливу роль у всякій системі і відображаються в логічній моделі [30].

Відомо шість нормальних форм організації даних, а саме 1НФ, 2НФ, 3НФ, підсилена 3НФ, 4НФ і 5НФ. Ці нормальні форми даних розглядають в курсі інформатики під час вивчення реляційних баз даних. Ці ж нормальні форми відносяться і до логічної моделі даних. Розглянемо їх докладніше. Нормальні форми даних основані на понятті функціональної залежності.

Перша нормальна форма. Сутність знаходиться в першій нормальній формі (1НФ) тоді, коли всі атрибути сутності є атомарними (простими) і немає груп атрибутів, що повторюються. Для приведення сутності до 1НФ треба:

- 1) розділити складні атрибути на прості;
- 2) виділити усі атрибути, які повторюються;
- 3) створити нову сутність;
- 4) перенести в нову сутність атрибути, що повторялись;
- 5) встановити ідентифікаційний зв'язок від початкової сутності до створених.

Наприклад, привести сутність, показану на рис. 61, до першої нормальної форми.

Співробітник	
Табельний номер	
Прізвище, ім'я, по батькові	
Кафедра, посада	
Назва предмету який веде	
Оклад	
Телефон	
Дата зачислення і звільнення	

Рис. 61 - Приведення сутностей до першої нормальної форми (1НФ)

Тут у сутності “Співробітник” прізвище, ім'я і по батькові вважаються одним атрибутом, аналогічно з місцем роботи - кафедра та посада, дата зарахування та звільнення. Ці сутності є складними і їх треба розбити на прості. Крім цього, співробітник може вести декілька предметів і мати декілька номерів телефонів.

Співробітник	
Табельний номер	
Прізвище	
Ім'я	
По батькові	
Дата зачислення	
Кафедра	
Посада	
Оклад	
Предмет який веде 1	
Предмет який веде 2	
Предмет який веде 3	
Телефон 1	
Телефон 2	
Дата звільнення	

Рис. 62 - Сутність після першого кроку приведення до 1НФ

Сутність після першого кроку приведення до 1НФ показана на рис. 62. Тут всі атрибути є простими (атомарними). Але є дві групи атрибутів, що майже співпадають: це предмети, які веде співробітник, і номери телефонів. Співробітник може вести не три, а інше число предметів, він же може мати не два телефони (мобільний і звичайний), а ще телефон у родичів, де він часто буває. На наступних кроках приведення до 1НФ потрібно ввести нові сутності. Результат такого приведення показаний на рис. 63. Крім сутності “Співробітник”, створені ще дві сутності - “Предмет” і “Телефон”.

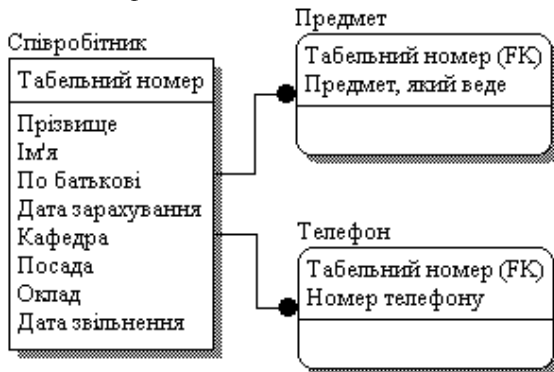


Рис. 63 - Сутність “Співробітник”, приведена до 1НФ

Друга нормальна форма. Сутність знаходиться у другій нормальній формі (2НФ) тоді, коли вона знаходиться в 1НФ і всі неключові атрибути функціонально повністю залежать від первинного ключа. Можливі випадки, коли в сутності є складний ключ і деякі атрибути залежать тільки від одного чи декількох, але не всіх одночасно атрибутів ключа. У цьому випадку для приведення до 2НФ потрібно:

- 1) виділити атрибути, що залежать тільки від частини первинного ключа;
- 2) створити нову сутність і помістити в них виділені атрибути;
- 3) установити ідентифікаційний зв'язок від початкової сутності до створених.

Цей приклад показано на рис. 64, 65.

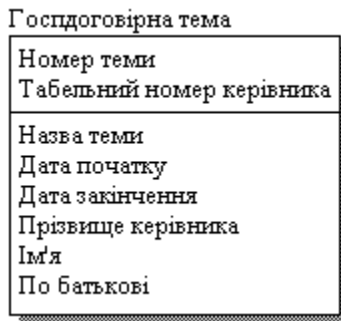


Рис. 64 - Приклад сутності “Госпдоговірна тема”

Тут прізвище керівника, його ім'я і по батькові залежать тільки від частини ключа, а саме – табельного номера, сутність не відповідає 2НФ. Результат приведення до 2НФ показано на рис. 65. Із сутності “Госпдоговірна тема” виділена сутність – керівник теми.

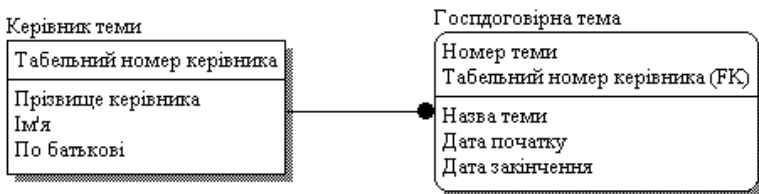


Рис. 65 - Сутність “Госпдоговірна тема”, приведена до 2НФ

Третя нормальна форма. Сутність знаходиться в 3НФ, якщо вона знаходиться в 2НФ і ніякий неключовий атрибут не залежить від ін-

шого неключового атрибута. Наприклад, на рис.63 у сутності “Співробітник” оклад залежить від посади і надбавки за вислугу років, тобто від двох неключових атрибутів, а саме – посади й дати зарахування. Для приведення сутності в 3НФ потрібно:

- 1) створити нову сутність і перенести в неї атрибути, що мають одну і ту ж залежність від неключового атрибута;
- 2) використати атрибути, що визначають залежність, як ключі нової сутності;
- 3) встановити неідентифікуючий зв’язок від нової сутності до старої.

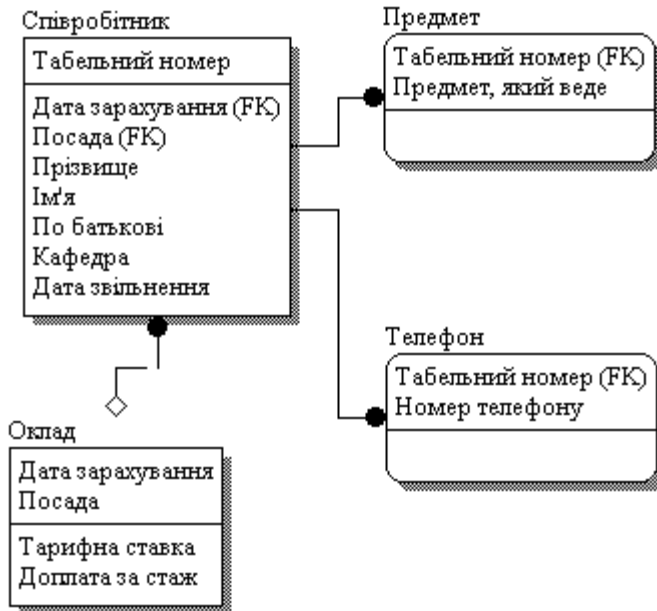


Рис. 66 - Приклад приведення сутності “Співробітник” до 3НФ

Приклад приведення до 3НФ показаний на рис. 66. Атрибут “Оклад” з даної сутності виведено. Оскільки оклад складається з тарифної ставки і доплати за стаж, то створена нова сутність, що визначає оклад працівника. Після цього сутність “Співробітник” приведена до 3НФ.

Четверта нормальна форма 4НФ вимагає, щоб була відсутня багатозначна залежність між атрибутами. Як правило, в багатьох випадках обмежуються третьою нормальною формою.

5. Логічна і фізична моделі даних

Програмні засоби побудови моделі згідно із стандартом IDEF1x введено в пакет ERwin. Даний пакет програм дозволяє розробляти логічну й фізичну моделі даних [30]. Логічна модель даних - це модель сутність - зв'язок. Фізична модель даних - це база даних, створена в певному програмному середовищі, що визначається системою керування базами даних (СКБД), наприклад ACCESS, FoxPro, Rbase, SQL Server та ін. Фізична модель даних - це реально працююча база даних, що вирішує певні прикладні завдання, наприклад, АСК рухом транспорту, АСК депо, АРМ інженера служби руху, система продажу залізничних квитків СТРІЛА2 та багато інших.

Логічна модель - це загальний погляд на дані, модель даних в певній предметній області. Інколи її називають концептуальною моделлю даних. Такою моделлю і є модель типу сутність-зв'язок. Програмний пакет ERwin дозволяє створити логічну модель даних сутність-зв'язок у стандарті IDEF1x і на її основі побудувати фізичну базу даних практично для всякої СКБД. Більше того, він дозволяє зробити зворотне перетворення і з фізичної моделі побудувати логічну. Це досить цінна якість. Бази даних у наш час розповсюджені доволі широко і розроблялись вони в різних програмних середовищах. Використовуючи вказану властивість, можна переробити існуючі бази даних, розроблені в середовищі однієї СКБД в логічну модель, а пізніше зробити зворотне перетворення в середовище зовсім іншої СКБД з тих, які підтримує пакет ERwin. Тобто існуючі бази даних можна практично автоматично, не застосовуючи мови програмування, перекодувати в нове програмне середовище.

Фізична модель – це модель даних, реалізована у вигляді опису бази даних. Вона може бути реалізована на двох рівнях, а саме у вигляді трансформаційної моделі і моделі в системі керування базами даних (СКБД). Для створення фізичної моделі в СКБД необхідно вибрати тип сервера, для якого будуть генеруватись коди (створюватись програма). Пакет підтримує більше ніж 20 реляційних та інших баз даних. Вікно вибору СКБД має вигляд, показаний на рис. 67.

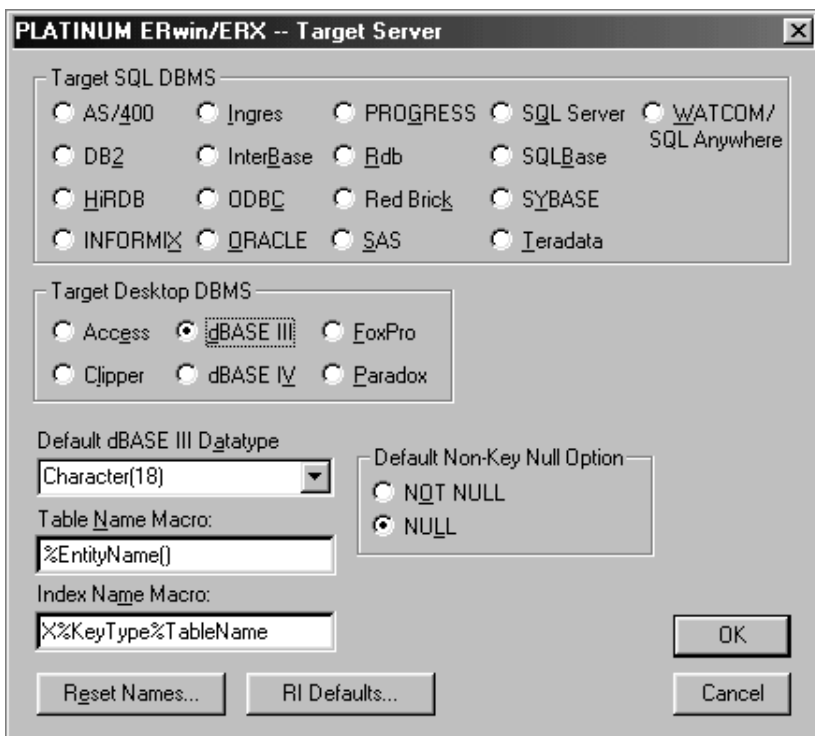


Рис. 67 - Діалогове вікно вибору типу сервера для генерації кодів фізичної моделі СКБД

6. Приклад створення логічної моделі даних

Пакет BPwin дозволяє будувати і представляти логічну модель даних на трьох рівнях:

- Модель сутність – зв’язок (ERD).
- Модель даних, засновану на ключах.
- Повну атрибутивну модель.

Модель сутність – зв’язок (ERD) являє собою модель даних у загальному вигляді. У ній показані тільки сутності й головні зв’язки між ними. Така модель не деталізована і достатня для аналізу систем у загальному вигляді, для презентації системи, обговорення структури даних з експертами.

Модель даних, заснована на ключах, дає більш детальну інформацію логічної структури даних системи. Включає описи всіх сутностей та ключів.

Повна атрибутивна модель - це найбільш повна модель, що дає повну інформацію по структурі даних, включає всі сутності, ключі, атрибути сутностей, зв'язки між ними. Вона представляє модель у третій нормальній формі (3НФ).

Пакет ВРwin має механізми переходу і може представити повну атрибутивну модель на всіх трьох рівнях, або будувати моделі, наприклад, на рівні діаграми сутність - зв'язок:



Рис. 68 - Панель інструментів перемикання рівня логічної моделі

Розглянемо приклад побудови інформаційної моделі опису випуску й прийому тролейбусів на маршрути в депо. Її можна використовувати для аналізу технологічного процесу обслуговування тролейбусів у депо і обліку роботи водіїв та пробігу тролейбусів.

Перший крок побудови моделі - виділення сутностей. У нас сутності такі: тролейбус, водій, маршрут, випуск, маршрутний листок.

Другий крок - встановлення зв'язків між сутностями.

Між тролейбусом і водієм зв'язок полягає в тому, що тролейбус обслуговує водій, а тролейбус закріплюється за водієм. Між ними встановлюємо неідентифікуючий рекурсивний зв'язок. Неідентифікуючий тому, що тролейбус і водій є незалежними сутностями і жодний з них не ідентифікує іншого. Рекурсивний - це зв'язок, який має прямий і зворотній напрямок, відображає той факт, що за водієм закріплюється тролейбус, це зв'язок в одному напрямку і зворотній зв'язок в тому, що тролейбус має закріпленого за ним водія.

Між водієм і маршрутним листком встановлюється ідентифікаційний зв'язок, оскільки маршрутний листок повинен повністю ідентифікувати водія. Зв'язок цей один з багатьох, адже на одного водія заповнюється декілька маршрутних листків, як правило, маршрутний листок видається на кожен день. Аналогічний зв'язок встановлюється між тролейбусом і маршрутним листком, адже маршрутний листок також ідентифікує і тролейбус.

Між маршрутом і випуском також встановлюється ідентифікаційний зв'язок. Випуск повинен повністю ідентифікувати і маршрут, на якому він здійснюється.

Зв'язок між випуском і маршрутним листком також ідентифікаційний, оскільки маршрутний листок повинен ідентифікувати не тільки водія і тролейбус, але й випуск на певному маршруті.

На цьому кроці вже можна розпочинати побудову моделі за допомогою комп'ютера. Вибір рівня моделі може бути довільним: чи рівень сутність - зв'язок, чи модель, побудована на ключах, чи повна атрибутивна модель. На кожному рівні програмний пакет дозволяє вводити всі дані в модель, тільки відображає на екрані дисплея дані, що відносяться до встановленого рівня. Перемикання рівнів моделі здійснюється за допомогою панелі інструментів, показаної на рис. 68. У даному випадку рекомендується встановлювати рівень сутність – зв'язок і побудувати найбільш просту модель, ввівши в неї тільки сутності й встановивши зв'язки між ними. Панель інструментів, яка це дозволяє зробити, показано на рис. 69.



Рис. 69 - Панель інструментів побудови сутностей та зв'язків між ними

Порядок побудови такий. Вибирають інструмент сутностей і вводять на модель сутності. Використовуючи контекстне меню, сутностям присвоюють імена. Потім обирають інструмент встановлення потрібного типу зв'язку і будують зв'язок за допомогою маніпулятора “мишки” від батьківської до дочірньої сутності. Побудована модель на рівні сутність – зв'язок має вигляд, показаний на рис. 70.

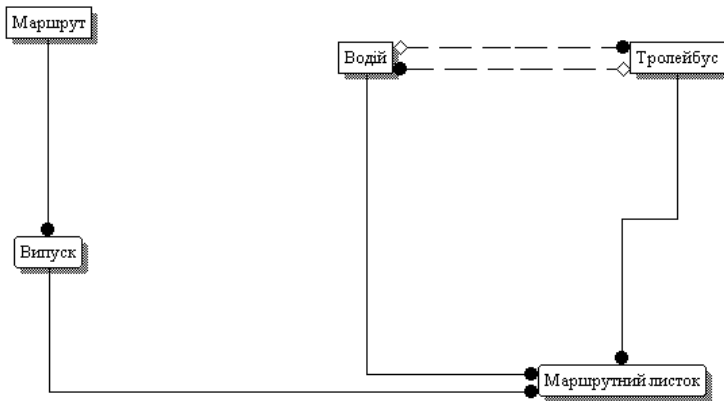


Рис. 70 - Інформаційна модель, побудована на рівні сутність – зв'язок

Третій крок - виділення атрибутів сутностей та визначення ключових атрибутів. Нижче записано атрибути кожної сутності, які автори вважають потрібним ввести. Ключові атрибути підкреслені.

Тролейбус: номер тролейбуса, тип, дата виготовлення, дата ремонту, пробіг в кілометрах.

Водій: тарифний номер, прізвище, ім'я, по батькові, дата прийняття на роботу, класність, номер бригад.

Маршрут: номер маршруту, довжина, довжина холостого пробігу, початкова зупинка, кінцева зупинка, кількість зупинок, обмеження швидкості.

Випуск: номер випуску, перервний чи ні, нічний чи денний, оглядовий ТО1 чи ні, свято чи будень.

Маршрутний листок: номер листка, дата, час випуску, номер випуску, водій, час випуску, час прибуття, кількість виконаних рейсів.

Для введення атрибутів бажано переключити модель на рівень повної атрибутивної моделі (див. рис. 68, другий зліва інструмент). Перед вводом атрибутів сутностей бажано вилучити зв'язки між сутностями, ввести атрибути і після цього повторно встановити зв'язки між сутностями. Це пов'язане з тим, що коли встановлені зв'язки, то відбувається міграція атрибутів і під час вводу атрибутів можна допустити помилки.

Для введення атрибутів у контекстному меню сутності вибирається редактор атрибутів (Attribute Editor...) (див. рис. 71).

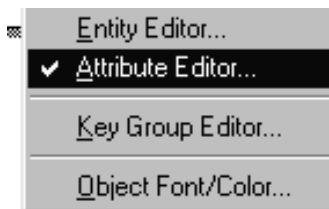


Рис. 71 - Контекстне меню сутностей

Вікно вводу атрибутів показано на рис. 72.

Після вводу сутностей необхідно вибрати ключову сутність і відмітити її як первинний ключ, встановивши позначку Primary Key. Сутності з введеними атрибутами показані на рис. 73.

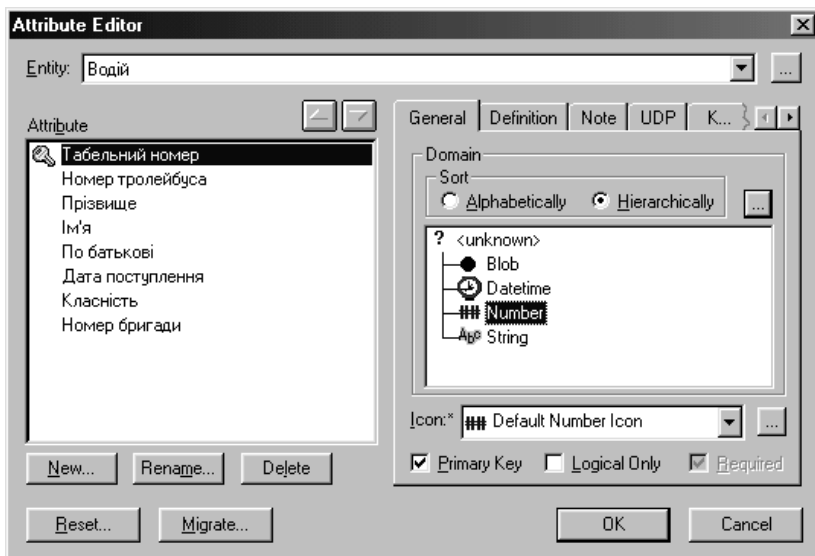


Рис. 72 - Вікно вводу і редагування атрибутів сутностей

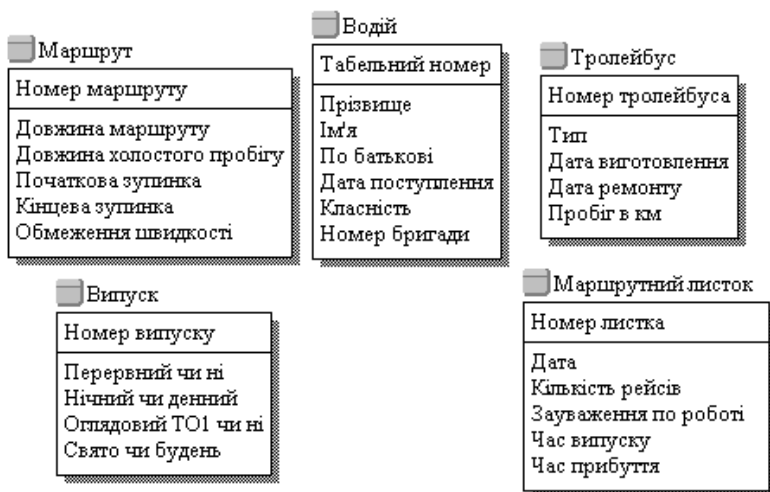


Рис. 73 - Атрибути сутностей моделі

Четвертий крок. Уточнення зв'язків між сутностями. У даному випадку залишаємо ці ж зв'язки, які були початково обумовлені, тобто

Фізична модель на рівні трансформаційної моделі показана на рис. 75. Вона одержується прямим перемиканням моделі на панелі інструментів, як показано на рис. 76.

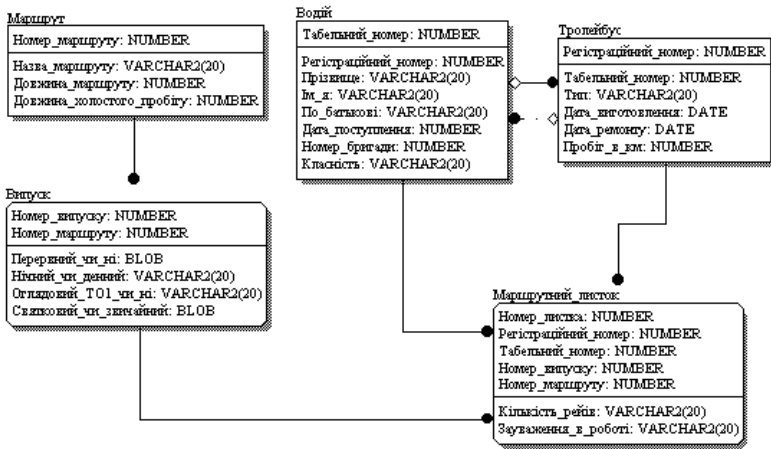


Рис. 75 - Фізична модель даних на рівні трансформаційної моделі



Рис. 76 - Панелі інструментів перемикавання логічної і фізичної моделі

Сутності у фізичній моделі стають таблицями баз даних. У фізичну модель, як видно з рис. 75, увійшли типи полів і їх розміри, вказані в дужках. Типи полів бажано задати під час вводу атрибутів у вікні вводу і редагування атрибутів сутностей (рис. 72). Ці типи в реальних фізичних моделях СКБД відповідатимуть типам полів баз даних.

Подальше використання логічної моделі залежить від цілей моделювання. Якщо ціллю є аналіз існуючої системи чи системи, що проектується, то достатньо мати модель на одному з рівнів логічної моделі. Якщо ціллю є безпосереднє проектування, то можна виконати подальші кроки і згенерувати коди фізичної моделі в одній з бажаних СКБД (див. рис. 67), а потім використовувати як реальну фізичну систему баз даних.

Для цього треба встановити відповідну СКБД й відкрити в ній спроектовану і згенеровану базу даних.

7. Підсумки використання комп'ютерних методів у системному аналізі

Сучасні ПЕОМ є потужним засобом вирішення складних завдань системного аналізу. Тут розглянуто тільки чотири з великої кількості моделей систем, що будуються за допомогою математичного забезпечення персонального комп'ютера. Як вже було відзначено, програмний пакет ARYS [31] дозволяє побудувати більше 80 різних типів моделей. Розглянуті вище типи моделей визначають два головні напрямки створення моделей, а саме функціональні й інформаційні моделі. Ці моделі вже самі по собі дозволяють вирішити велику кількість завдань системного аналізу, але вони ще й доповнюють одна одну. Це дозволяє виконати найбільш повний і різносторонній аналіз систем. Дані напрямки моделювання інтенсивно розвиваються і знаходять використання для аналізу, реконструкції, реінженірингу великих промислових підприємств і фірм, для керування цілими науковими й технічними напрямками, такими як керування й розвиток космічної техніки, керування військами, керування міжнародними валютними фондами, вирішення глобальних екологічних та інших проблем.

Ми розглянули тільки основні положення побудови моделей, в посібнику наведені найпростіші приклади. Дальше поглиблене вивчення цього кола питань є завданням інших наукових та навчальних дисциплін. Розглянуті функціональні моделі розвиваються в економічних науках для аналізу бізнес-процесів на підприємствах і в галузях промисловості, таких як електроенергетика, газова і нафтова промисловість, міське господарство, транспорт [33-37]. Перевагами цих моделей є ясність та зрозумілість мови моделювання, можливість моделювати складні багаторівневі системи у сукупності з надійністю та простотою зберігання інформації, легкістю та великою швидкістю відшукування інформації, потрібної в даний момент часу. Аналогічні переваги мають і інформаційні моделі. Їх подальший розвиток - це бази даних, що використовуються у всіх галузях науки й техніки, в промисловості, побуті, що є глобальними і об'єднують весь світ. Інформаційні моделі даних дозволяють вирішувати складні завдання в логістиці, завдання керування матеріальними потоками, ресурсами.

Контрольні запитання

1. Які етапи оволодіння людством силами природи Ви знаєте?
2. Як Ви можете охарактеризувати роль інформатики в природі?
3. Яка єдина інформаційна основа всього живого на Землі?
4. У чому полягає властивість відображення в матеріальному світі?
5. Які питання вивчає така наукова дисципліна, як кібернетика?
6. Які питання вивчає така наукова дисципліна, як теорія інформації?
7. Дайте визначення поняттю “інформація”?
8. Що називають сигналом?
9. Для чого використовуються сигнали?
10. Які типи сигналів залежно від їх зміни в часі Ви знаєте?
11. Що розуміють під поняттям статичний сигнал, для чого він використовується?
12. Які властивості динамічних сигналів, для чого ці сигнали служать?
13. Що називають повідомленням?
14. Від чого залежить обсяг алфавіту при використанні послідовного коду?
15. Яке співвідношення існує між одиницями інформації: біт, байт і кілобайт?
16. Який сенс має поняття ентропії в теорії інформації?
17. Які типи функціональних моделей систем Ви знаєте?
18. У чому основна відмінність інформаційних моделей від функціональних?
19. Як поділяють інформаційні системи за цільовим призначенням?
20. Що розуміють під поняттям архітектури інформаційної системи, які типи архітектур Ви знаєте?
21. Які типи моделей даних знайшли широке використання?
22. Опишіть реляційну модель даних.
23. Опишіть діаграму сутність - зв'язок.
24. Якій моделі даних відповідає діаграма сутність - зв'язок?
25. Що розуміють під поняттям атрибути сутності, наведіть приклади?
26. Що таке ключ сутності, для чого він служить?
27. Які атрибути називають ключовими?
28. Яка різниця між простим і складним ключем?

29. Який ступінь зв'язку (потужність зв'язку) може бути в діаграмах сутність – зв'язок?

30. Що визначає клас приналежності зв'язку? Які класи приналежності Ви знаєте?

31. Поясніть, коли сутності є залежними, а коли незалежними?

32. Які типи зв'язків можуть бути між залежними сутностями?

33. Який порядок побудови логічної моделі даних?

34. У чому полягає процес нормалізації сутностей?

35. Скільки нормальних форм даних Ви знаєте? Назвіть їх.

36. Назвіть правило, за яким сутності відносять до першої нормальної форми.

37. В якому порядку приводять сутності до першої нормальної форми?

38. Назвіть правило, за яким сутності відносять до другої нормальної форми.

39. Як привести сутності до другої нормальної форми?

40. Назвіть правило, за яким сутності відносять до третьої нормальної форми.

41. Що являє собою логічна модель даних?

42. На яких трьох рівнях може бути побудована логічна модель даних?

43. Що являє собою фізична модель даних?

44. Назвіть порядок побудови логічної моделі сутність-зв'язок за допомогою комп'ютера.

Розділ 13. Роль експерименту і вимірювань в системному аналізі

1. Значення експерименту в системному аналізі

Всяка пізнавальна модель завжди будується на основі знань про систему, вона є відображенням цих знань і в той же час джерелом нових знань. Наприклад, модель типу "Чорний ящик" містить певні знання про систему, її границі, вхідні та вихідні величини, перетворення цих величин системою. На основі такої моделі одержуємо нові знання про систему шляхом уточнення вхідних і вихідних величин, вивчення залежностей між ними. Ці нові знання одержують з експерименту, тобто певних дій над системою. Результатом таких дій є покращання моделі системи, її уточнення, розвиток. Отже, вивчення систем і побудова моделей потребує проведення експерименту. Між моделлю та експериментом існує взаємозв'язок. Експеримент неможливо виконати, не маючи моделі системи, не знаючи, що собою являє система. Співвідношення між моделлю і експериментом нагадує відоме співвідношення курки і яйця. Експеримент проводять для того, щоб побудувати чи уточнити модель системи чи об'єкта. У свою чергу, експеримент завжди проводять на основі певної моделі, яка існує до експерименту.

Значення експерименту для побудови моделі дуже велике. В історії був час, коли абсолютизували мислення людини, її волю, віру і експериментом нехтували. Але і в ті часи відомі вчені, як наприклад, Леонардо Да-Вінчі, зауважували, що тільки експеримент є критерієм істинності. Експеримент завжди ставлять у рамках існуючої теорії, існуючої моделі об'єкта. Відповідь природи на експеримент завжди точна, але вона дається на мові природи, а ми її розуміємо тільки в рамках наших знань, в рамках існуючої моделі. Тут повертаємось до питання, яке розглядали раніше, а саме співвідношення моделі і дійсності, питання істинності моделі, але дещо з іншої сторони. Не тільки експеримент є критерієм істинності моделі, але і модель є основою експерименту. Постановка експерименту зумовлена моделлю і впливає з неї. Хоча експеримент і модель взаємопов'язані: модель необхідна для проведення експерименту, а експеримент для побудови моделі, але тут немає порочного кола. Після завершення чергового циклу вивчення об'єкта наступний розпочинається з нової вдосконаленої моделі. Розвиток йде по спіралі, наші знання про систему постійно збагачуються, уточнюються і це зберігається в моделях.

За своїм характером експеримент може бути пасивним або активним, тобто можливі дві методики проведення експерименту, а саме:

- спостерігати за системою, тільки реєструвати, записувати події на вході й виході;
- не тільки спостерігати, але й діяти на систему, змінювати деякі вхідні величини, фіксувати відповідні їм зміни вихідних величини.

Перший експеримент називають пасивним, або спостережним, другий – активним експериментом, або керованим. Кожен з них має свої позитивні сторони й недоліки. Проте кожен з них проводиться на основі певної моделі системи, передбачає наявність такої моделі. Пасивний експеримент виконують, наприклад, при вивченні організації руху транспортних засобів на магістралях міста. Проведення цього експерименту є спостереженням, воно має певну мету і вимагає чіткого планування. Під час підготовки до проведення експерименту вивчають методи спостережень, характеристики транспортних потоків, методи реєстрації результатів спостережень. Тобто для проведення пасивного експерименту потрібні певні знання, певна модель системи, за якою здійснюють спостереження. Ще більш складним є проведення активного експерименту. План такого експерименту включає не тільки порядок реєстрації результатів, але і вибір режимів проведення експерименту, знання величин, які потрібно змінювати, і способів зміни цих вхідних величин. Необхідно, крім цього, вибрати певні умови проведення експерименту. Все це можна зробити, тільки маючи модель системи, знаючи, з якою системою ми працюємо, які величини є входами й виходами системи, тощо. Ефективність проведення експерименту залежить від багатьох факторів і для її підвищення необхідно виконати ряд умов. Існує наукова дисципліна “Планування експерименту”, яка дозволяє скласти найбільш ефективні плани експерименту, розробити методи одержання найбільш точних та достовірних результатів, обробити ці результати й уточнити модель.

Результати всякого експерименту реєструються за допомогою вимірювань.

Вимірювання - це алгоритмічна операція, яка відповідно до певного стану об'єкта ставить число, символ, знак чи назву.

Алгоритмічна операція означає, що всякі вимірювання проводяться за чітким, наперед визначеним планом, причому під час проведення вимірювань вимоги про дотримання встановленого порядку, алгоритму вимірювань досить високі. Недотримання навіть окремих пунктів алгоритму вимірювань може повністю знецінити результати.

Результати вимірювань можуть відображатися числом, символом, знаком, номером, тощо. Способи такого відображення розглянемо піз-

ніше, поки ж відзначимо, що сучасне розуміння вимірювань набагато складніше існуючого уявлення про чисто кількісні вимірювання. Розширене розуміння вимірювань можна охарактеризувати такими ознаками. Існує ряд характеристик об'єктів, що підлягають кількісним оцінкам. Ці характеристики є величини, які можна визначити шляхом порівняння з іншими відомими кількісними величинами. Явища, які ми спостерігаємо в експерименті, можуть не допускати кількісної міри, але їх можна описувати певними якісними характеристиками, виражати в певних “слабких” якісних шкалах, наприклад, визначення назви захворювання, визначення геологічних періодів у розвитку Землі, встановлення твердості мінералу, визначення сили землетрусу в балах та багато інших. Незважаючи на те, що такі дії не дають кількісних оцінок, вказані результати експерименту вважають вимірюваннями. Ці результати вимірювань враховують у моделях і приводять до повністю науково обґрунтованих результатів.

Невизначеність, розпливчастість деяких вимірювань є їх природною властивістю, якій надається чітка математична форма, наприклад, невизначеність координати електрона на орбіті, невизначеність часу існування деяких елементарних частинок, можливість появи віртуальних часток світобудови тощо.

Хоч збільшення точності вимірювань є одним з головних завдань метрології, проте визнається, що для деяких вимірювань похибка є невід'ємною складовою, яку неможливо усунути. Процес вимірювання є взаємодією об'єкта вимірювання з вимірювальним приладом, ця взаємодія суттєво впливає на стан об'єкта, який підлягає вимірюванню. Нехтувати цією взаємодією і звести її до нульового значення не можна. Більше того, в результаті вимірювання може змінитися стан об'єкта і після вимірювання він може бути іншим ніж до нього.

Широкого розповсюдження набули статистичні вимірювання, результатами яких є ймовірні величини, такі як середнє значення, математичне очікування, дисперсія, функція розподілу. Для таких вимірювань використовують не тільки спеціальні прилади, але і самі вимірювання виконують за спеціальними методиками.

Отже, вимірювання слід розуміти більш широко, ніж тільки кількісне вимірювання. Це може бути і якісне присвоєння об'єкту певного імені, віднесення його до певного класу об'єктів. Під вимірюванням ми будемо розуміти присвоєння результатам експерименту певного значення за певним правилом. Якщо ми під експериментом розуміємо спостереження, то результатом його може бути не тільки число, а, наприклад, знак, назва, тощо. Так, визначення типу транспортних засобів при вивченні транспортних потоків на перехресті вважають вимірюваннями.

2. Кваліметрія і кваліметричні шкали

Основою побудови моделей є об'єкт і його якісні ознаки. Якісні ознаки об'єкта виявляються через його властивості. Властивості об'єкта визначаються вимірюваннями. Числові ознаки виражаються певними числами, які одержують шляхом порівняння властивостей об'єкта з певними еталонами. Об'єкти моделювання можуть мати такі властивості, які не можна виразити числом. Тому часто доводиться оперувати якісними поняттями. Питаннями вимірювання як кількісних, так і якісних властивостей об'єкта займається наукова дисципліна, що називається кваліметрією.

Кваліметрія - це наука, що вивчає властивості вимірювань. Визначення вимірювань вказує на те, що результат вимірювання містить певну інформацію про об'єкт і ця інформація одержується шляхом порівняння стану об'єкта з якимось іншим станом, введеним як основа вимірювання або як еталон.

Кваліметрія залежно від властивостей об'єкта вимірювань визначає такі шкали:

- 1) шкала найменувань;
- 2) порядкова або рангова шкала;
- 3) шкала інтервалів;
- 4) шкала відношень;
- 5) абсолютна шкала.

3. Шкала найменувань

Шкалу найменувань відносять до слабких шкал. Вона виникає тоді, коли порівняти об'єкти можна, тільки присвоївши їм певні найменування. Відносимо об'єкт до певного класу об'єктів. Більш строго математично це визначається так. Нехай система має певну кількість різних станів (у математиці - класів еквівалентності). Вимірювання полягає у визначенні, до якого стану (класу еквівалентності) відноситься стан об'єкта. Кожен клас еквівалентності має своє найменування, позначення або символ. Для кожного класу еквівалентності існують певні критерії. При вимірюванні у відповідність об'єкту ставиться найменування або символ класу еквівалентності. Таке вимірювання називають вимірюванням у шкалі найменувань, а множину символів (найменувань) і ознаки станів, яким вони відповідають, - шкалою найменувань. Таку шкалу ще називають класифікаційною, наприклад, класифікація тварин за родами, видами й підвидами в біології. Для шкали найменувань справедливі такі аксіоми тотожності:

1^0 або $A=B$, або $A \neq B$,
 2^0 якщо $A=B$ то $B=A$,
 3^0 якщо $A=B$ і $B=C$ то $A=C$,
 тут = означає еквівалентність.

Для позначення класів еквівалентності можуть використовуватися слова природної мови, певні символи або нумерація, наприклад: назви захворювань, географічні назви, герби країн, прапори. У більш складному випадку, щоб полегшити користування шкалою, використовують ієрархію видів та підвидів, наприклад, географічна ієрархія: країни, області, райони; класифікація тварин за родами, видами, підвидами та ін.

Аксіоми тотожності, з точки зору логіки, відповідають принципам класифікації. Класифікація – це логічна операція розподілу множини будь-яких об'єктів на групи (підмножини). Класифікація повинна задовольняти таким формальним вимогам:

- підмножини, на які розділено множину, не повинні мати спільних елементів;
- в сумі підмножини повинні дати вихідну множину класифікованих об'єктів;
- кожен елемент має входити до якогось одного класу;
- усі елементи одного класу вважаються еквівалентними.

Незважаючи на свою зовнішню простоту, віднесення до певного класу вже є певним, подекуди досить значним, ступенем вивчення системи. Наприклад, постановка діагнозу захворювання є класифікацією захворювань за шкалою найменувань. Це досить складна справа, вона потребує чималих професійних знань лікаря - діагностика і детальне обстеження хворого. Ми знаємо, що правильна діагностика є запорукою успішного лікування, знаємо немало прикладів помилок при діагностиці захворювань. Інший приклад з області юриспруденції. Віднесення порушення закону до певної статті є також класифікацією і виконання її потребує досить значних професійних знань юриста. Ще приклад з області фізики - це проведення експериментів по відкриттю нових хімічних елементів таблиці Менделєєва, визначенню типів елементарних часток світобудови. Відкрити й ідентифікувати новий хімічний елемент - справа надзвичайно складна, нею займаються цілі інститути ядерних досліджень.

Користуючись шкалою найменувань, завжди слід мати на увазі, що вона є тільки символом певного класу навіть у тому випадку, коли для цього використовуються числові номери. Ці номери тільки зовні мають вигляд чисел, хоча такими не виступають. Наприклад, номер

учасника змагань є його символом, позначенням і використовувати його можна тільки як символ. Тобто ніякі математичні дії з ними не допускаються, можна тільки перевіряти їх тотожність, співпадають вони чи ні.

4. Порядкові (рангові) шкали

Порядкова (рангова) шкала, як і шкала найменувань, відноситься до слабких шкал. Вона виникає, коли в шкалі найменувань є не тільки можливість віднести об'єкти до певного класу еквівалентності, а й можливість порівнювати об'єкти за будь-якою ознакою в розумінні більше – менше, краще – гірше, тобто об'єкти можна розмістити в порядку збільшення чи зменшення якої-небудь ознаки. Розрізняють декілька порядкових шкал, які дещо відрізняються одна від другої за своєю силою, а саме шкалу простого порядку, шкалу слабого порядку та шкалу часткового порядку. У шкалі простого порядку, крім аксіом 1^0 - 3^0 , діють наступні аксіоми упорядкування:

$$\begin{array}{ll} 4^0 & \text{якщо } A > B \text{ то } B < A, \\ 5^0 & \text{якщо } A > B \text{ і } B > C \text{ то } A > C. \end{array}$$

Шкала слабого порядку відрізняється від шкали простого порядку тим, що бувають випадки, коли не кожену пару класів шкали найменувань можна чітко впорядкувати, а деякі класи вважаються рівними між собою. Для такої шкали порядку, що має назву шкали слабого порядку, виконуються такі аксіоми:

$$\begin{array}{ll} 4^1 & \text{якщо } A \geq B \text{ то } B \leq A, \\ 5^1 & \text{якщо } A \geq B \text{ і } B \geq C \text{ то } A \geq C. \end{array}$$

Прикладом такої шкали може бути впорядкування за ступенем спорідненості, як-от (батько = мати) > (син = дочка) > (онук = онука).

Шкала часткового порядку виникає, коли із всієї множини об'єктів є деякі пари, котрі можливо порівняти між собою, а інші – ні. Наприклад, у соціологічних дослідженнях при вивченні споживчої популярності товарів подекуди важко віддати перевагу велосипеду чи магнітофону, їх не можна порівнювати між собою, а іншим товарам може бути надана чітка перевага.

Характерною особливістю порядкових шкал є те, що в них встановлюється тільки відношення порядку, але нічого не говориться про те, наскільки один клас об'єктів кращий від іншого. Тому у випадку, коли

порядок встановлюється певними числами, немає сенсу говорити про середнє число для певної групи чи про ступінь переваги однієї групи над іншою. Наприклад, порядковою шкалою користуються при оцінці виступів гімнастів, оцінці катання на ковзанах. Але тут не можна говорити про те, що спортсмен, який одержав 10 балів, в 2 рази краще виступає від того, хто одержав 5 балів. Так само немає сенсу порівнювати середній бал спортсменів, одержаний у різних видах програми. Інколи такі порівняння роблять, але слід розуміти, що вони ніяк математично не обґрунтовані.

Бажання звести все до чисел, бажання спрощення аналізу подекуди призводить до того, що виконуються такі операції, які в порядковій шкалі не допускаються. Наприклад, при вступі до вузу інколи враховують середній бал по всіх предметах, які вивчали у школі. Слід розуміти, що таке порівняння не має ніякого математичного обґрунтування, адже кожна школа дає різний рівень знань, та й знання з різних предметів між собою не порівнюються. Для порядкових шкал допускається обраховувати тільки порядкові номери (їх деколи називають рангами). У цій шкалі допускається виконувати такі операції, як порівняння рангів, розрахунок середнього рангу, визначення кількості об'єктів з однаковими рангами, визначення коефіцієнтів рангової кореляції

Існує цілий ряд рангових шкал (порядкових шкал), які широко прийняті в практиці. Розглянемо деякі з них:

- 12 - бальна шкала енергії землетрусів за Ріхтером. Вона встановлює силу землетрусу залежно від виділеної енергії;

- 12 - бальна шкала оцінки сили вітру, запропонована англійським гідрографом Бофорт, оцінює силу вітру за характером хвиль, що виникають на морі. У ній повній відсутності вітру відповідає оцінка 0 балів (штиль), а найбільший бал 12 відповідає урагану;

- 10 - бальна шкала твердості мінералів Мооса, в якій самим м'яким мінералом є тальк, а найтвердішим – алмаз;

- дуже поширені бальні оцінки знань учнів, у школі була 5 - бальна і тепер вводиться 12 - бальна, у вузі 4-бальна.

Шкала порядків (рангова шкала) широко використовується при вирішенні багатьох технічних завдань, проведенні технологічних експериментів, як, наприклад, вибір складу різних сумішей, визначення режимів обробки деталей, переваг шин коліс тролейбуса, виготовлених різними заводами, тощо. Рангові шкали часто використовують і рангові критерії у багатьох випадках відіграють головну роль. Перевагою рангових критеріїв у багатьох експериментальних дослідженнях є їх універсальність. Вони не зв'язані з певними параметрами функцій розподілу і висновки, одержані з їх використанням, мають універсальний хара-

ктер. У деяких практичних питаннях оцінка за ранговою шкалою має перевагу навіть порівняно з вимірюваннями у більш сильних шкалах. У нашому курсі при виконанні лабораторних робіт часто використовуються рангові критерії, причому навіть у тому випадку, коли можна скористатися більш сильною шкалою вимірювань. Теорія рангових критеріїв останнім часом набула досить широкого розвитку і активно розвивається [38].

У деяких випадках виникає необхідність надати порядковій шкалі характеру більш сильних шкал, тобто ввести певною мірою можливість визначення відносної переваги одного об'єкта над іншим. У таких випадках застосовують модифіковані порядкові шкали. До них відноситься порядкова шкала Черчмена і Акоффа, що використовується в соціологічних дослідженнях.

5. Шкала інтервалів

Шкала інтервалів - це така шкала, в якій зафіксовані величини інтервалів, але відсутня величина, що відповідає початку шкали. У ній можна виражати відмінність одного об'єкта від іншого в певних умовних одиницях, єдиних для всієї шкали. Результатами вимірювання в такій шкалі є інтервали між певними значеннями, хоч самі значення можуть бути умовними. У ній є незмінними відношення двох інтервалів незалежно від того, які умовні одиниці були вибрані. Прикладами таких шкал є шкали температури, часу, висоти місцевості. Для цих величин або відсутня величина, яку слід взяти початком відліку, наприклад, для шкали часу, або допускається, що початок відліку може бути вибраний довільно, як, наприклад, для температури чи висоти місцевості.

Шкала інтервалів відноситься до сильних шкал. У ній можна виконувати усі математичні операції порівняння за винятком операції знаходження відносного відхилення, відносної похибки. Назва "Шкала інтервалів" відображає той факт, що в цій шкалі зміст чисел мають тільки інтервали між об'єктами. Наприклад, у шкалі часу значення має тривалість певного процесу без відношення до того, коли він проходив. Встановити абсолютний нуль, початок літочислення за об'єктивними ознаками неможливо. Тому при обліку часу допускаються різні шкали літочислення. За основу календарів прийняті певні історичні події. Існують такі календарі:

- Григоріанський - літочислення ведеться від дня народження Ісуса Христа (нова ера);
- Юліанський - літочислення ведеться від створення світу 5506 року до народження Ісуса Христа (до нової ери);

- Іудейський – створення Адама – 3696 рік до народження Ісуса Христа (до нової ери);

- Магометанський – втеча Магомета з Мекки в Медину – 622 рік після народження Ісуса Христа (нової ери).

Інтервали часу прив'язані до періоду обертання Землі навколо Сонця і навколо своєї осі. Існує також місячний календар, в якому інтервали часу відповідають часу обертання Місяця навколо Землі, а саме видимому часу обертання, який становить 28 діб. Підрахунок часу по тижнях - це один з фрагментів місячного календаря.

Шкала висот своїм початком також має умовну величину, за яку прийнято рівень моря чи світового океану. Але ця величина не абсолютна, оскільки поняття рівня світового океану і його визначення для даної місцевості досить складне. Крім того, відомо, що рівень океанів також не є постійною величиною і залежить від наявності великих мас під поверхнею у даній точці океану. Користуючись такою шкалою, ми одержуємо, що висота поверхні деяких країн має від'ємне значення, як-от для Голландії, прикаспійських районів Росії і Казахстану.

Шкала температур, хоч і має абсолютний нуль (-273°C), допускає вимірювання виконувати, починаючи з певної умовної величини. У шкалі Цельсія - це температура потрібної точки води (температура при якій за нормального атмосферного тиску існують рідка, тверда й газо-подібна фази води). У шкалі Фаренгейта початок відліку відповідає 32 градусам температури за шкалою Цельсія. Це шкала, у якій реперними точками є температура суміші снігу з нашатирним спиртом (позначається числом 0) і температура кипіння води за нормальних умов (позначається $+212$). Перерахунок можна здійснити за формулою: $F = 5/9 C + 32$.

6. Циклічна шкала

Циклічні шкали утворюються у випадку, коли результати вимірювань однакові при їх зміщенні на одну певну постійну величину. Наприклад, при кутових вимірюваннях такою величиною є 360 градусів. Шкала годинника є циклічною і зміщення на 24 години не змінює результату вимірювання. Вони мають властивості, близькі до властивостей шкали інтервалів.

7. Шкала відношень

Якщо певну величину можна вимірювати в числових значеннях, існує нульове значення величини і вона відповідає аксіомам адитивнос-

ті, то вимірювання її відбувається у шкалі відношень. Наприклад, вимірювання більшості фізичних величин, як-от довжини, маси, напруги, опору тощо виконують у шкалі відношень.

Аксіоми адитивності - це такі аксіоми:

$$\begin{array}{ll} 6^0 & \text{якщо } A = P \text{ і } B > 0 \text{ то } A + P > 0; \\ 7^0 & A + B = B + A; \\ 8^0 & \text{якщо } A = P \text{ і } B = Q \text{ то } A + B = P + Q; \\ 9^0 & (A + B) + C = A + (B + C). \end{array}$$

У цій шкалі допускається виконання будь - яких математичних дій. Результати вимірювання є повноцінними числами, для яких можна виконувати всі математичні операції і обчислювати статистичні величини.

8. Абсолютна шкала

Це така унікальна шкала, яка відповідає шкалі відношень і створюється за наявності абсолютного нуля та абсолютної одиниці. Нею є сукупність натуральних чисел. Важливою її особливістю є безрозмірність. Завдяки цьому числа, виражені в такій шкалі, можуть бути основою логарифма, показника ступеня.

Розглянуті шкали ми групували за ступенем їх сили. Чим сильніша шкала, тим більше даних вона дає про вимірювану величину. Тому завжди є намагання проводити вимірювання у найбільш сильній шкалі.

Вимірювання в сильних шкалах проводять шляхом порівняння з еталонами. Еталонами є встановлені певним чином і узаконені в міжнародній практиці величини, що визначають одиниці вимірювань. Вимірювання можуть бути прямими й непрямыми (опосередкованими). Під час прямих вимірювань величину, котру вимірюють, безпосередньо порівнюють з еталоном. Під час непрямих вимірювань вимірювану величину перетворюють в іншу величину, яку вже порівнюють з еталоном. Наприклад, вимірювання віддалі метром є прямим вимірюванням, а вимірювання температури ртутним термометром – непряме, оскільки температура перетворюється в іншу величину, а саме висоту ртутного стовпчика, а цю висоту порівнюють з еталоном. При непрямих вимірюваннях використовують датчики, які перетворюють величину, яку потрібно виміряти, у величину, зручну для порівняння. Проведенням вимірювання, датчиками вимірювання, точністю результатів вимірювань займається наука метрологія.

9. Інші результати вимірювань. Розпливчастий опис

Для всіх розглянутих шкал справедливі аксіоми тотожності, а саме:

1^0 або $A=B$, або $A \neq B$,
 2^0 якщо $A=B$ то $B=A$,
 3^0 якщо $A=B$ і $B=C$ то $A=C$,

тобто є можливість чітко розрізнити два стани A і B , (чи два об'єкти A та B). У випадку реальних систем часто зустрічаються випадки, коли ці аксіоми не справджуються, тобто неможливо чітко розрізнити два стани. На практиці часто бувають випадки, коли не можна сказати, що цей об'єкт знаходиться у стані A чи B (відноситься до класу A чи B). Таких випадків у реальному житті дуже багато, ми з ними зустрічаємось на кожному кроці. Наприклад, визначити, чи висока людина? Якщо бачимо команду баскетболістів, то тренер серед них не є високою людиною, скоріше він низький. Але того ж тренера баскетболістів серед інших людей ми вважаємо високим. Наша мова має багато понять, що характеризують таку невизначеність. Це слова майже, приблизно, деяке, напевно, на мою думку та ін. Дуже багато понять мови мають певну невизначеність, наприклад, близько, великий, важкий, теплий, довгий і т.д. Ця властивість нашої мови є корисною, оскільки дає змогу описати різноманітність світу і закріпилась у мові протягом тисячоліть її розвитку. Вона відображає реалії навколишнього світу. Тому і при визначенні шкал вимірювань необхідно враховувати цю особливість.

Крім наведених вище шкал, існує ціла сукупність описів розпливчастих об'єктів. Питаннями опису їх займається спеціальний розділ науки, а саме теорія розпливчастих множин. Для опису таких об'єктів вводять, наприклад, додаткове поняття функції належності до певної множини, певного стану, наприклад A , і надають їй значення у межах від 0 до 1. Значення 0 чи 1 означають дію аксіом тотожності, а всі інші відповідають можливим проміжним випадкам.

10. Імовірнісний опис

На практиці часто доводиться мати справу, коли значення певної величини мають певну невизначеність, випадковість. Наприклад, під час вимірювання розмірів деталі результати мають похибку і сказати, чи однакові за розміром деталі, яка з них більша чи менша, подекуди буває важко. Невизначеність у цьому випадку має інший характер, ніж розпливчастий опис і має випадковий характер. Випадкові величини підпорядковані певним законам ірностей і ці закономірності можуть

бути виражені певними рівняннями. Основою опису випадкових величин є функція розподілу імовірностей.

Про природу випадковості існує декілька точок зору, наведемо найбільш типові:

1. Природа випадковості полягає в тому, що ми на даний момент не повністю зрозуміли закономірності, маємо наближене уявлення про об'єкт, недостатньо його вивчили, поміряли. На такій точці зору знаходився Лаплас, який вважав, що випадковість не властива природі, а виникає через недостатність знань і випадковість, у принципі, можна усунути.

2. Протилежна точка зору в тому, що випадковість є об'єктивною властивістю усіх явищ, вона відіграє головну роль у керуванні Всесвітом, тобто у світі діють одні випадковості, а закономірності відіграють обмежену роль.

3. Проміжна позиція полягає в тому, що визнається існування як детермінованих явищ, так і випадкових. Наприклад, статистична фізика, квантова механіка, генетика мають справу з випадковими явищами, але через випадкові явища виявляються об'єктивні закономірності.

4. У сучасних математичних дослідженнях складних систем виявлено, що є певні періоди, стани, в яких системи ведуть себе повністю детерміновано, а в інших – випадково. Ці стани можуть замінювати один одного. Тобто випадковість властива світові і закони випадковості мають силу так само, як і закони повної детермінованості.

Для опису випадкових величин використовують статистичні вимірювання. Особливістю їх є те, що вони проводяться за спеціальними методиками. Результатами статистичних вимірювань, що приймаються як характеристики об'єкта, є певні величини, котрі називаються статистиками. Як статистики використовують величини, розраховані за рядом значень випадкової величини за певними, наперед відомими формулами. Однією з головних властивостей статистик є їх стійкість, відтворюваність. У статистиках проявляються характеристики об'єкта, властивості, що характерні детермінованим явищам, тобто загальні закономірності явищ.

Отже, в цьому розділі ми ознайомилися з вимірюваннями властивостей об'єктів, основними характеристиками вимірювань і шкалами, що використовуються для відображення результатів вимірювань у системному аналізі та в інших наукових дисциплінах. Такими шкалами є: шкала найменувань, порядкові (рангові) шкали, шкала інтервалів, циклічна шкала, шкала відношень, абсолютна шкала. Проте через багатогранність навколишнього світу, його різноманітність цих шкал вимірювань недостатньо і виникає необхідність в іншому представленні ре-

зультатів вимірів. Для опису станів систем використовують також розпливчастий, а також статистичний опис. Поняття вимірювання є одне з головних понять, на якому ґрунтується наукове дослідження.

Контрольні запитання

1. Поясніть взаємозв'язок між моделлю та експериментом.
2. Яким може бути експеримент за своїм характером ?
3. Який експеримент називають пасивним ?
4. До якого характеру експерименту відносять спостереження?
5. Які особливості активного експерименту?
6. Які питання вивчає наукова дисципліна “Планування експерименту”?
7. Дайте визначення поняттю “Вимірювання”?
8. Чи можуть результати вимірювань виражатись знаком, номером?
9. Наскільки важливо притримуватись алгоритму вимірювання, що таке алгоритм вимірювання?
10. Що вивчає наукова дисципліна “Кваліметрія”?
11. Які шкали вимірювань визначає кваліметрія?
12. Які аксіоми справедливі для шкали найменувань?
13. Чи можна віднести до вимірювань постановку діагнозу лікарем?
14. В якій шкалі визначаються найменування мінералів у геології?
15. Як відноситься до поняття вимірювань класифікація тваринного світу?
16. Наведіть аксіоми впорядкування для рангових шкал?
17. Яка шкала називається ранговою?
18. Чим відрізняються шкали сильного і слабого порядку?
19. Які математичні дії не допускається виконувати в ранговій шкалі?
20. Чи має математичний сенс середній бал успішності студента?
21. Дайте визначення шкали інтервалів?
22. Які кваліметричні шкали відносяться до сильних шкал, а які до слабких?
23. Наведіть приклади використання шкали інтервалів.
24. Дайте визначення шкали відношень.
25. Дайте визначення абсолютної шкали.
26. Які особливості абсолютної шкали?

27. Наведіть приклади величин, що вимірюються в шкалі відношень.

28. Які математичні дії можна виконувати над величинами, вираженими в шкалі відношень?

29. Наведіть приклади розпливчастого опису величин, чи можна такий опис віднести до вимірювань?

30. Яку особливість мають результати вимірювань у статистиці?

Розділ 14. Основні поняття теорії прийняття рішень. Метод парних порівнянь

1. Основні поняття теорії прийняття рішення

Системний аналіз, як ми вже визначили - це методологія аналізу систем і вирішення проблеми. Після аналізу системи, вивчення суті проблеми, можливих шляхів її вирішення настає необхідність прийняття рішення [39]. Рішення завжди приймає певна людина. Тому в теорії прийняття рішень, в першу чергу, виділяють особу, яка приймає рішення (ОПР), і розглядають завдання вибору відносно цієї особи.

Вибір – це дія, що реалізує підпорядкованість всієї діяльності певній цілі або сукупностей цілей. Вибір зумовлений тим, що у всякій діяльності завжди настає момент, коли дії можуть бути різними, а реалізувати можна тільки одну з них. Реалізуючи одну дію, повернутись до ситуації, що мала місце у момент вибору напрямку дій, як правило, буває неможливо. Зробити вірний вибір у таких умовах надзвичайно важливо. Прикладів такої ситуації можна знайти чимало. Вони зустрічаються в житті людини як проблеми буденного життя, виробничої діяльності, розвитку країни, розвитку техніки та ін. Природним є прагнення визначити, який вибір буде кращим, розробити певні правила, певний алгоритм дії, який давав би змогу знайти краще рішення. Знаходженням такого алгоритму займалися багато вчених. Вони встановили, що розробка алгоритму можлива, але тільки для добре вивчених і структурованих задач, а для недостатньо вивчених алгоритму вибору рішення не існує. Сучасні тенденції вибору рішення засновані на сумісному використанні здібностей людини вирішувати неформалізовані задачі і неформалізованих методах прийняття рішення, в тому числі з використанням сучасних комп'ютерів. До комп'ютерних технологій відносяться, наприклад, діалогові системи вибору рішення, експертні системи, автоматизовані системи керування, пошукові системи та ін. Задачі вибору дуже різноманітні, існує багато засобів їх вирішення. Перед вивченням методів прийняття рішення розглянемо основні поняття.

Альтернатива – це напрямки можливої діяльності в момент прийняття рішення.

Множина альтернатив – сукупність усіх можливих напрямків діяльності.

Підмножина вибраних альтернатив – це ті альтернативи з множини альтернатив, які задовольняють критерію вибору.

Критерій вибору – умова, що дозволяє з множини альтернатив відібрати альтернативи, які в найкращій мірі відповідають заданій цілі.

Критерій переваг – правило, згідно з яким альтернативі ставлять у відповідність певну величину переваги над іншими альтернативами, виражену в ранговій або більш сильній шкалі.

Оцінка альтернативи - це присвоєння альтернативі певного значення, бальної оцінки, тощо. Оцінка альтернативи може проводитись за одним або декількома критеріями і мати кількісний або якісний характер.

Прийняття рішення – дія над множиною альтернатив, у результаті якої одержуємо підмножину вибраних альтернатив. Прийняття рішення здійснюється на основі оцінки альтернатив.

Режим вибору – це сукупність правил, за якими здійснюється вибір. Режим вибору під час прийняття рішення може бути:

- одноразовий;
- багаторазовий, що допускає навчання на одержаному досвіді;
- багаторазовий, що не допускає такого навчання.

Наслідки вибору – це сукупність результатів, що реалізуються після вибору. Вони можуть бути:

- точно відомими;
- мати ймовірний характер;
- мати неоднозначний результат, що не допускає поняття ймовірності.

Режими вибору в сукупності з наслідками вибору визначають різні типи задач вибору, як, наприклад,:

- одноразовий вибір в умовах визначеності;
- багаторазовий вибір в умовах визначеності;
- одноразовий вибір в умовах ризику;
- багаторазовий вибір в умовах ризику з можливістю навчання;
- багаторазовий вибір в умовах ризику без можливості навчання;
- вибір в умовах невизначеності.

Задачі вибору також визначаються відповідальністю за вибір та ступенем узгодженості цілей.

Відповідальність за вибір може бути індивідуальною чи груповою.

Ступінь узгодженості цілей зумовлює: кооперативний вибір, вибір у конфліктній ситуації або проміжні ситуації.

Залежно від співвідношення вказаних факторів виникають різноманітні задачі вибору. У кожному випадку задача вибору вирішується по-різному. Вивченням таких задач займаються наукові дисципліни “Теорія ігор”, “Теорія прийняття рішень” та ін.

2. Вибір рішення за певним критерієм

Не вдаючись у всі тонкощі й варіанти задач вибору та прийняття рішення, розглянемо загальне завдання вибору рішення за певним критерієм .

Вибір за певним критерієм – це один з методів вибору, що найбільше поширений у практиці і теоретично опрацьований. Найпростіший варіант такого вибору - коли не розглядається питання відповідальності за вибір.

Вибір здійснюється за певним критерієм, що має значення в одній з кваліметричних шкал. Вибір, як правило, виконується за екстремумом (максимальним чи мінімальним значенням) критерію. Задача вибору проста за постановкою, але буває складною в практичній реалізації. Якщо є один критерій, за яким потрібно зробити вибір, то завдання зводиться тільки до визначення величини цього критерію, до вимірювань, обчислень та знаходження екстремуму. Але в більшості завдань, що зустрічаються на практиці, виникають складності, тому що критерій вибору не визначений і важко його вибрати. Часто треба враховувати декілька критеріїв, наприклад, технічні, технологічні, експлуатаційні, економічні, соціальні та інші. У результаті одержуємо багатокритеріальну задачу. Багатокритеріальна задача, навіть у своїй постановці, є досить складною. Після постановки такої задачі вирішення її може йти в чотирьох напрямках:

- зведення багатокритеріальної задачі до задачі з одним критерієм;
- знаходження умовного екстремуму;
- пошук альтернатив із заданими властивостями;
- знаходження Паретівської множини.

Розглянемо загальну характеристику цих напрямків.

3. Зведення багатокритеріальної задачі до задачі з одним критерієм

У цьому напрямку вирішення багатокритеріальної задачі вибору найбільш часто вводять один загальний критерій, в який входять усі показники з певними ваговими коефіцієнтами. Це можна зробити, наприклад, за формулами приведення до одного критерію:

$$q_0 = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot \frac{q_i}{S_i},$$

або

$$q_0 = \prod_{i=1}^n \beta_i \cdot \frac{q_i}{S_i}.$$

Вибір однієї з цих формул залежить від властивостей критеріїв, від того, чим визначається результат їх дії, залежить він від суми дії кожного критерію, чи від добутку.

Тут α_i та β_i – вагові коефіцієнти;

q_i – критерії;

S_i – величини, що дозволяють перетворити розмірні коефіцієнти в безрозмірні.

Після обрахунку критерію q_0 вибір здійснюється за його екстремумом (максимальним чи мінімальним) значенням. Обрахунок критерію вибору за наведеними формулами є найбільш простим, у багатьох випадках він дає хороші результати. Наведений критерій найбільш простий, проте навіть і в цьому випадку математично задача може бути досить складною, оскільки необхідно визначити екстремум функції багатьох змінних (n параметрів) у багатовимірному просторі.

У більш складних випадках використовують інші методи зведення багатокритеріальної задачі до задачі з одним критерієм. Один з таких методів, а саме метод аналізу ієрархій розглянемо далі.

4. Знаходження умовного максимуму

Критерії, що характеризують більшість альтернатив, як правило, бувають нерівнозначні: одні критерії є головними, відіграють важливу роль, інші другорядні. Важливість одних критеріїв переважає над іншими. Тому для вирішення проблеми вибору альтернативи можна поступати таким чином: знаходять умовний екстремум за головним критерієм. Пізніше шукають екстремум за іншими критеріями при умові, що головний критерій змінюється незначно. Операцію повторюють послідовно для всіх критеріїв, доки не одержать потрібний результат.

Цей метод може бути реалізований, коли наперед знають важливість кожного критерію, обмеження на значення критеріїв, умови, яким задовольняють критерії. (До таких задач відносяться, наприклад, задачі лінійного програмування).

5. Пошук альтернатив із заданими властивостями

У цьому напрямку аналізують альтернативи, оцінюють їх властивості і виконують вибір за властивостями альтернатив.

Знаходження множини Парето – метод, розроблений італійським економістом і соціологом Вільфредо Парето. Це повністю формалізований метод багатокритеріального вибору, при якому шляхом попарного порівняння альтернатив (бінарних порівнянь) відкидаються альтернативи, гірші за всіма критеріями. Альтернативи кращі по критеріях, не порівняних між собою, утворюють так звану множину Парето. Послідовне використання методу приводить до зменшення числа альтернатив і до вирішення завдання. Інколи у множину Парето може ввійти декілька альтернатив. У такому разі для вибору єдиної альтернативи додають нові критерії чи обмеження і продовжують вибір або вибирають єдину альтернативу, наприклад, методом жеребкування.

6. Метод бінарних (парних) порівнянь. Шкала Сааті

Завдання прийняття рішення вимагає порівняння альтернатив і вибору кращої з них. Порівнювати альтернативи легко, коли їх характеристика подається однією величиною, вираженою у сильній шкалі, наприклад, у шкалі відношень. Тоді перевагою альтернативи над іншою є відношення величин. Як правило, альтернативи мають не одну, а декілька характеристик і розмірність їх різна: гривні, метри, години, тонни. Характеристики альтернатив можуть бути і якісними. Порівнювати такі альтернативи важко, адже необхідно врахувати всі характеристики. Тому при наявності у альтернатив багатьох характеристик, поданих у різних кваліметричних шкалах, потрібний зручний метод, який дозволив би одержати обґрунтоване співвідношення між альтернативами порівняння.

Для вибору альтернативи часто використовують експертні оцінки. Але експертам також важко вибрати одну альтернативу з багатьох при множині різних характеристик. Одним з кращих систематичних методів вирішення проблеми вибору в таких випадках є метод бінарних (чи парних) порівнянь. Цей метод полягає в тому, що при наявності багатьох альтернатив, коли дати реальну оцінку кожній з них важко, порівнюють попарно дві альтернативи між собою і віддають перевагу тій чи іншій. Головні положення методу бінарних порівнянь такі:

1. Окрема альтернатива не оцінюється, для неї критерій не вводиться.

2. Для кожної пари альтернатив вводиться ступінь переваги. Якщо альтернативи порівняти неможливо, вони вважаються рівними.

3. Відношення переваг довільної пари альтернатив не залежить від інших альтернатив.

На жаль, експертні оцінки не завжди однозначні, виражаються в якісних оцінках. Для якісного аналізу треба мати кількісні оцінки. Відомий американський вчений Т. Сааті [40, 41], спеціаліст по системному аналізу, запропонував кількісну шкалу переваги альтернатив. Введено на ним 9 - бальна шкала є ранговою, але вона досить стійка і результати, одержані за нею, наближаються до результатів, одержаних у шкалі відношень. Опис шкали Сааті подано у табл. 7.

Таблиця 7 – Оцінка переваги альтернативи у шкалі Сааті

Визначення переваг або важливості однієї альтернативи над іншою	Міра переваги (важливості)
Переваги немає зовсім. Рівнозначна	1
Незначна перевага. Дещо важливіша	3
Відчутна перевага. Важливіша	5
Сильна перевага. Значно важливіша	7
Абсолютна перевага. Абсолютна важливість	9
Проміжні оцінки	2, 4, 6, 8.

За шкалою, наведеною у табл. 8, на основі суджень експертів виставляється оцінка переваги однієї альтернативи над іншою. Вказана шкала заснована на наукових даних і у порівнянні з іншими відомими шкалами має ряд переваг. Основою її встановлення є наступне:

1. Якісна різниця переваги одного об'єкта чи однієї альтернативи над іншою має достатню точність і на практиці може бути виражена числом.

2. Психофізіологічні властивості людини дозволяють досить добре розрізняти якісні відмінності об'єктів за шкалою з п'яти рівнів, а саме: немає переваги, незначна, ледве помітна перевага, явна перевага, дуже сильна перевага, абсолютна перевага. Враховуючи проміжні значення, що знаходяться між вказаними, одержують шкалу з 9 рівнів.

3. У психології існує поняття психологічної границі одночасного розрізнення предметів чи їх характеристик, ця границя складає 7 ± 2 .

Шкалу Сааті застосовують для парних порівнянь на основі експертних оцінок. Вона виявилась корисною для вирішення багатьох задач, її використовують у багатьох методах системного аналізу. Шкала Сааті використовується навіть у випадках, коли характеристикою об'єкта є одна величина, виражена в сильній шкалі. Це доцільно робити тоді, ко-

ли виражені числом відмінності об'єктів незначні, а одержання цих відмінностей потребує значних зусиль і приводить до якісних змін об'єкта. Наприклад, автомобілі, що мають максимальну швидкість 120, 150, 180 км/год, за класом якісно відрізняються один від одного, а в шкалі відношень це виражається числом 1,25, що не відображає якісної різниці.

Оцінки за шкалою Сааті виставляють на основі суджень експертів. Експертами можуть виступати фахівці, які працюють в даній області, добре обізнані з предметом аналізу і володіють методами експертних оцінок.

7. Матриця бінарних порівнянь

Метод бінарних порівнянь дозволяє порівнювати дві альтернативи між собою і виражати результат порівняння в ранговій шкалі. Коли є більше ніж дві альтернативи, то, використовуючи цей метод, можна порівнювати кожну пару альтернатив і одержати ряд результатів порівняння. Результати доцільно подати у вигляді матриці, кожен елемент якої встановлює перевагу однієї альтернативи над іншою. Таку матрицю називають матрицею парних порівнянь (або матрицею пріоритетів чи матрицею переваг).

Матриця бінарних переваг, побудована описаним способом, має ряд властивостей. Це діагональна матриця - всі діагональні елементи рівні 1, адже вони відповідають порівнянню об'єктів самих з собою. Матриця є обернено симетричною, тобто елементи, симетричні відносно діагоналі, є взаємно обернені. Якщо перевага однієї альтернативи над іншою виражається певним числом a_{ij} , то для зворотного порівняння величина переваги a_{ji} дорівнює

$$a_{ij} = 1/a_{ji},$$

тобто величини a_{ij} і a_{ji} є оберненими.

Тут a_{ij} – елемент i – го рядка і j – го стовпчика.

a_{ij} показує ступінь переваги (пріоритету, наданого експертами) величини, розміщеної в рядку i , над величиною, розміщеною в рядку j . Діагональні елементи обернено симетричної матриці завжди рівні 1, адже

$$a_{ii} = 1/a_{ii} = 1.$$

У випадку, коли альтернативи порівнюються за однією характеристикою, поданою в числовій шкалі, елементами матриці переваг є

відношення величини: числове значення альтернативи i - рядка (ω_i), поділене на числове значення альтернативи j - колонки (ω_j), тобто

$$a_{ij} = \omega_i / \omega_j.$$

У випадку порівняння альтернатив з якісною оцінкою або які мають декілька числових характеристик різної розмірності, елементам матриці присвоюють значення згідно з оцінками експертів за шкалою Сааті. Величина переваги проставляється в рядку більш важливої альтернативи, а в колонці (діагонально симетричній клітинці) записують обернене значення.

Важливою властивістю матриці переваг є її узгодженість. Розрізняють поняття кардинальної і порядкової узгодженості матриць.

Кардинально узгодженою є матриця, побудована для величин, поданих у шкалі відношень. Для такої матриці справедлива умова кардинальної узгодженості, а саме

$$a_{ij} * a_{jk} = a_{ik}.$$

Добитись кардинальної узгодженості матриці, побудованої шляхом експертних оцінок, за шкалою Сааті надзвичайно важко. Тому для таких матриць вимагають задоволення вимог порядкової узгодженості (іноді її називають транзитивною узгодженістю).

Порядкова узгодженість полягає в тому, що коли альтернатива A_i має перевагу над альтернативою A_j , а альтернатива A_j над альтернативою A_k , то величина оцінки переваги a_{ik} повинна бути більша від величин a_{ij} і a_{jk} . Таке співвідношення повинно бути справедливе для будь-якої групи альтернатив. Звичайно, добитись порядкової узгодженості легше ніж кардинальної.

У матрицях, побудованих на основі експертних оцінок, вимога порядкової узгодженості не завжди виконується. Особливо це характерне для матриць великої розмірності. Якщо вимога порядкової узгодженості порушується, то це свідчить, що у судженнях експертів є протиріччя. Судження треба переглянути, а матрицю відредагувати. Тому після складання матриці парних порівнянь, перевіряють ступінь узгодженості одержаних оцінок і в разі потреби коректують матрицю, тобто переглядають судження декількох (або всіх) експертів.

Зауваження. Можливість протиріч у матриці парних порівнянь обумовлена тим, що матриця, побудована за судженнями експертів, містить значно більше оцінок експертів, ніж повністю узгоджена матриця. Число оцінок експертів, яке входить в матрицю, дорівнює $(n^2 - n)/2$, а повністю узгоджена матриця має всього $n-1$ незалежних параметрів (n

– порядок матриці). Різниця зростає із зростанням розмірів матриці: якщо в матриці 2-го порядку кількість експертних оцінок і незалежних параметрів 1, то вже в матрицю 5-го порядку входить 10 оцінок експертів при 4 незалежних параметрах, а в матрицю 8-го порядку – 28 при 7 незалежних параметрах.

Як міру узгодженості матриці парних порівнянь використовують два показники:

- індекс узгодженості ($i\gamma$);
- відношення узгодженості ($\mathcal{B}\gamma$).

Індекс узгодженості розраховують за формулою

$$i\gamma = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}.$$

Тут λ_{\max} - найбільше власне значення матриці парних порівнянь; n – розмірність матриці.

Найбільше власне значення матриці парних порівнянь розраховують за формулою

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n P_i * S_j,$$

де S_j - сума значень матриці по колонках, $S_j = \sum_{i=1}^n a_{ij}$;

$$P_i - \text{компоненти вектора пріоритетів, } P_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^n V_i}.$$

Компоненти вектора пріоритетів обчислюються як нормоване значення власного вектора матриці V_i . Компоненти власного вектора матриці є середнім геометричним значенням елементів рядка матриці, тобто розраховуються за формулою

$$V_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}.$$

Відношення узгодженості ($\mathcal{B}\gamma$) дорівнює відношенню індексу узгодженості $i\gamma$ до випадкового індексу $\mathcal{B}i$

$$vy = \frac{iy}{vi}.$$

Випадковим індексом називають індекс узгодженості, розрахований для квадратної n – мірної, зворотно - симетричної матриці, елементи якої є випадковими числами (наприклад, створені генератором випадкових чисел, розподілених за рівномірним законом). Для виконання розрахунків використовується таблиця випадкових індексів матриць до 15 порядку (див. табл. 8). Величини випадкових індексів у ній розраховані як середнє значення вибірки з $N=100$ матриць.

Таблиця 8 - Значення випадкових індексів матриць

Порядок матриці, n	Випадковий індекс матриці, vi
2	0
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49
11	1,51
12	1,54
13	1,56
14	1,57
15	1,59

Відношення узгодженості матриць, для яких виконується вимога кардинальної узгодженості, завжди дорівнює нулю. Для матриць, в яких умова кардинальної узгодженості не виконується, цей індекс відмінний від нуля і близький або дорівнює 1 для матриць, побудованих повністю випадковим способом. Як правило, вимагають, щоб відношення узгодженості не перевищувало 0,1. Якщо

$$vy < 0,1,$$

то матрицю пріоритетів вважають задовільною, якщо ця умова не виконується, то експерту рекомендують переглянути свої судження і відредагувати матрицю парних порівнянь.

Контрольні запитання

1. Що розуміють під поняттям вибір в теорії прийняття рішення?
2. Які умови прийняття рішення можуть бути?
3. Які види відповідальності за вибір рішення враховують в теорії прийняття рішення?
4. Що розуміють під поняттям умови прийняття рішення?
5. Відносно якої особи розглядають завдання вибору?
6. Що розуміють під поняттями альтернатива, множина альтернатив та підмножина вибраних альтернатив?
7. Які режими вибору можуть бути?
8. Які види відповідальності вибору враховує теорія прийняття рішення?
9. Які типи задач вибору Ви знаєте?
10. Що розуміють під поняттям “Ступінь узгодженості цілей” вибору, якою вона може бути?
11. Як розрізняються завдання вибору за сукупністю результатів, які реалізуються після вибору?
12. Що таке критерій вибору?
13. Які методи вирішення багатокритеріальної задачі Ви знаєте?
14. Згадайте і запишіть формули приведення багатокритеріальної до задачі з одним критерієм.
15. У чому полягає метод знаходження умовного екстремуму?
16. У чому полягає метод створення множини Парето?
17. Які головні положення методу бінарних порівнянь Ви знаєте?
18. У чому суть методу бінарних порівнянь?
19. Як виглядає шкала порівняння переваги альтернатив за оцінками експертів, запропонована Сааті?
20. У чому переваги шкали Сааті?
21. Хто може виступати експертом?
22. Наведіть приклади використання шкали Сааті.
23. Як порівняти альтернативи, що мають один критерій, виражений у шкалі відношень?
24. Як порівняти альтернативи, коли їх критерії виражені в ранговій шкалі?
25. Як порівняти альтернативи, що мають декілька критеріїв у різних одиницях, виражених у шкалі відношень?
26. У чому полягає метод бінарних порівнянь?
27. Які властивості матриці парних порівнянь?
28. Який вигляд має зворотно – симетрична матриця?

- 29. Як обрахувати значення елементів матриці переваг, коли альтернатива задана числовим значенням?
- 30. Сформулюйте умову кардинальної узгодженості матриці.
- 31. Яка умова порядкової узгодженості матриці?
- 32. Чим обумовлена можливість протиріч у матриці парних порівнянь?
- 33. За якою формулою розраховують індекс узгодженості матриці?
- 34. Як обрахувати найбільше власне значення матриці?
- 35. Як обчислити компоненти вектора пріоритетів?
- 36. Що таке відношення узгодженості?
- 37. Що називають випадковим індексом, для чого його використовують?

Розділ 15. Метод аналізу ієрархій

1. Поняття ієрархії

Ієрархією, чи ієрархічним описом системи називають такий опис, в якому окремі об'єкти (елементи) згруповані в незалежні групи, а між групами об'єктів установлюється зв'язок такого порядку, що об'єкти i -ї групи впливають на об'єкти $i-1$ групи і знаходяться під впливом об'єктів $i+1$ групи. Групи об'єктів розміщують одну над одною. Ці групи називають рівнями, чи кластерами. У більшості випадків вважається, що елементи одного рівня не залежні один від одного. Існує декілька видів ієрархій, а саме:

- домінантна повна ієрархія;
- домінантна неповна ієрархія;
- холярхія.

Ці види ієрархій показані на рис. 77.

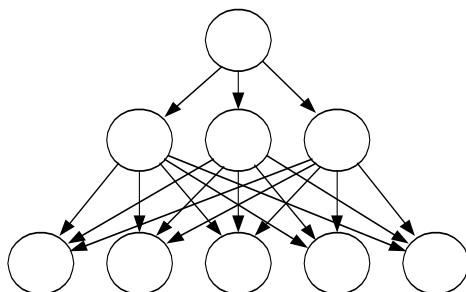
Домінантна повна ієрархія - це така ієрархія, в якій всі елементи більш низького рівня підпорядковані кожному елементу вищого рівня.

Домінантна неповна ієрархія - це така ієрархія, в якій елементи більш низького рівня підпорядковані деяким елементам вищого рівня.

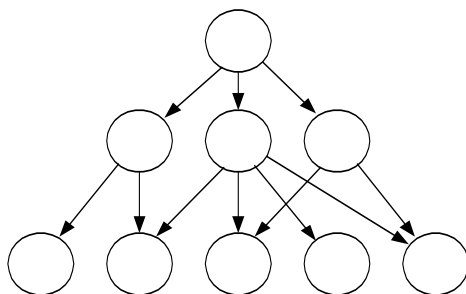
Холярхія - це така ієрархія, в якій можливі випадки, коли деякі елементи групи більш високого рівня знаходяться під впливом елементів груп нижчого рівня. Такими є системи зі зворотнім зв'язком.

Ієрархічну структуру мають багато систем. У першу чергу, це відноситься до організаційних систем. Найбільш чітко ієрархічна структура проявляється в організації військових частин. В армії командир полку підпорядковані командири батальйонів, командирам батальйонів – командири рот, далі - командири взводів, командири відділень і рядові солдати. Промислові підприємства та інші організації, такі як, наприклад, вищі навчальні заклади також мають ієрархічну структуру. Правда, у виробничих колективах немає чіткої ієрархії, оскільки є багато випадків, коли елементи одного рівня впливають один на одного, допускаються, навіть, деколи необхідні елементи холярхії, відношення зі зворотнім зв'язком. Але організація роботи підприємства в цілому має ієрархічну структуру[42].

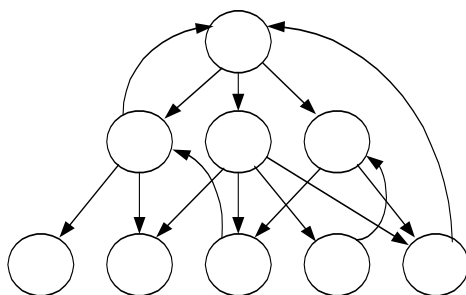
Ієрархічний опис широко використовують для аналізу систем, для упорядкування пріоритетів при вирішенні проблеми. Всяка проблема має складну сукупність компонентів проблеми, які необхідно вивчити, упорядкувати, послідовно вирішити. Для цього корисним буває подання її у вигляді ієрархічної процедури.



Домінантна повна



Домінантна неповна



Холархія

Рис. 77 – Види ієрархій

2. Сутність методу аналізу ієрархій

Метод аналізу ієрархій (MAI) – це сучасна інформаційна технологія, що використовується для аналізу й вирішення складних проблем. Це формалізована систематична процедура ієрархічного представлення проблеми, подальшої обробки послідовності суджень і одержання кінцевого результату, вираженого числами.

Метод MAI дозволяє описати систему і її проблему в термінах взаємозв'язаної ієрархічної структури, пропонує засоби для встановлення впорядкованих пріоритетів і визначення інтенсивності взаємодії компонентів. Він враховує роль людини і узгоджує багато протиріч у прагненнях людей, чий інтерес проблема зачіпає. Проблема завжди розглядається у відношенні до особи, яка приймає рішення (ОПР). Вирішення проблеми в MAI - це поетапне встановлення пріоритетів.

До найбільш простих задач відносяться задачі вибору в умовах визначеності, при кооперативному ступені узгодженості цілей, тобто коли наслідки вибору відомі і вибір здійснюється на основі узгодженості суджень учасників вибору. Але і така задача може бути складною і для виконання вибору застосовують різні методи. Найчастіше використовують методи вибору за певним критерієм як найпростіші й найбільш розроблені. Але більшість практичних завдань вибору є багатокритеріальними. У таких випадках намагаються багатокритеріальну задачу привести до однокритеріальної. Основне завдання зводиться до одержання одного критерію, за яким можна здійснити вибір, адже в більшості випадків вибір буває одноразовий і повернутись до ситуації, яка була перед вибором, вже неможливо. Вибір - це одна дія і потрібний один критерій, за яким його можна здійснити.

Розглянемо, наприклад, задачу вибору, що є характерною і в різних варіантах зустрічається часто. Нехай треба вибрати тип тролейбуса, який краще всього закупити для тролейбусного депо міста. Працівники тролейбусного управління мають певні критерії вибору. На ринку пропонують цілий ряд різних типів тролейбусів. Який з них вибрати, який буде найкращий в даному депо і даному місті?

Кожен тип тролейбуса виготовляють на різних заводах і умови закупки різні. Перш за все, тролейбуси мають різну ціну. По-друге, можливі різні умови продавців. В одних випадках є ряд пільг, можна здійснити покупку на виплату з різним терміном оплати. Для закупки на деяких заводах-виробниках банки надають кредити, для інших їх надати не можуть.

Характеристики тролейбусів також різні. Одні більш комфортабельні, інші не такі комфортабельні, у них різна швидкість, різна місткість.

Тролейбуси потребують технічного обслуговування. Вимоги до обслуговування також різні, обслуговування можна здійснювати на різній технічній базі. Для технічного обслуговування деяких типів тролейбусів наявна технічна база достатня, а інші потребують додаткового обладнання пунктів обслуговування.

Кожен тип тролейбуса має різну заводську гарантію. Для деяких типів тролейбусів ця гарантія може становити 1 – 2 роки, а інших - до 5 років. З терміном заводської гарантії пов'язана і ремонтна база, вона може бути достатньою для одного типу тролейбуса і недостатньою для іншого.

Крім цього, на вибір рішення можуть накладатись інші умови економічного чи навіть політичного характеру. Наприклад, місто чи держава можуть бути зацікавлені в розвитку економічних відносин з одними фірмами – виробниками і не зацікавлені в розвитку таких відносин з іншими.

Здійснити вибір і прийняти рішення в таких умовах буває досить важко, але його виконати потрібно. Як правило, час вибору обмежений.

Одним з методів, що дозволяє найбільш ефективно здійснити вибір в таких умовах, є метод аналізу ієрархій. Він заснований на декомпозиції проблеми і представленні її у вигляді ієрархії. Для кожного рівня ієрархії одержують оцінки альтернатив і, узагальнюючи ці оцінки, одержують загальний критерій вирішення проблеми в цілому. Оцінки альтернатив на ієрархічних рівнях одержують методом парних порівнянь. Він включає в себе послідовне вирішення таких завдань:

- синтез множини суджень;
- знаходження та аналіз альтернатив вирішення проблеми;
- ієрархічне представлення проблеми вибору;
- розрахунок критеріїв пріоритету для кожного ієрархічного рівня;
- одержання загального критерію вибору кожної з альтернатив;
- розробка рекомендацій для прийняття рішення.

Проблему чи систему, що розглядається для вирішення проблеми, описують в термінах взаємозв'язаних ієрархічних структур. На основі такого опису виконують послідовний аналіз системи. Це дозволяє узагальнити всі взаємопов'язані аспекти проблеми і одержати оцінку множини альтернатив для її вирішення. Цей метод дає оцінку, виражену в сильній шкалі, а саме шкалі відношень. Ця оцінка несе достатню інформацію для прийняття рішення особою, котра приймає рішення

(ОПР). Сутність МАІ полягає у декомпозиції проблеми на більш прості складові і подальшій обробці результатів вимірювань чи послідовних суджень експерта для кожної складової. Внаслідок використання процедури синтезу множини суджень та математичної обробки їх одержують критерій вирішення проблеми.

3. Порядок виконання МАІ, приклад використання для вирішення проблеми

Метод аналізу ієрархій є повністю формалізованою систематичною процедурою. МАІ виконують в такому порядку:

- постановка проблеми вибору,
- декомпозиція проблеми,
- формулювання критеріїв вибору рішення,
- аналіз альтернативних варіантів вирішення проблеми,
- побудова ієрархічної моделі проблеми (чи системи, яка використовується для вирішення проблеми),
- експертна оцінка переваг і побудова матриць переваг,
- розрахунки векторів локальних переваг,
- оцінка узгодженості суджень експертів (узгодженості матриць переваг),
- розрахунок вектора глобальних пріоритетів,
- вироблення пропозицій вирішення проблеми для ОПР на основі результатів аналізу.

Використання методу МАІ і послідовність процедур розглянемо на конкретному прикладі. Візьмемо проблему закупки тролейбусів в депо.

Постановка проблеми вибору. Для тролейбусного депо потрібно закупити тролейбус. Треба вибрати найкращий для даного депо тип тролейбуса. Постановка проблеми розглянута в попередньому параграфі. З виконаного аналізу видно, що вирішити проблему в цілому на початковому етапі неможливо. Тому виконується наступний крок, а саме декомпозиція проблеми.

Декомпозиція проблеми. Декомпозиція проблеми здійснюється або аналітиком самостійно, або експертами. Вона може виконуватись як декілька послідовних кроків. У результаті декомпозиції визначається ієрархія показників, за якими слід вирішувати проблему вибору.

Враховуючи аналіз, виконаний вище для вирішення проблеми вибору, виділимо такі групи показників:

- технічні,
- експлуатаційні,

- економічні.

На наступному кроці декомпозиції встановлюємо безпосередньо показники кожної групи або розбиваємо кожну групу показників ще на ряд підгруп. Результат декомпозиції такий.

Технічні характеристики:

- кількість місць,
- комфортність (місць для сидіння),
- експлуатаційна швидкість.

Експлуатаційні характеристики:

- термін служби,
- наявна ремонтна база,
- потреба і наявність запасних частин.

Економічні характеристики:

- вартість,
- банківський кредит.

Слід зауважити, що розглянутий варіант декомпозиції не єдиний. Існує велика кількість точок зору, можуть бути вибрані інші фактори, наприклад екологічні фактори, фактори безпеки експлуатації, врахування прогнозів подальшого розвитку транспортних засобів, фактори політичної обстановки та ін.

Формулювання критеріїв вибору рішення. На основі вимог, які висувають експерти, формулюють критерії по кожному показнику. Сформовані критерії такі:

- вартість - не більше 4 тис. грн. в розрахунку на одного пасажирів,
- банківський кредит – бажано кредит у розмірі до 50% вартості, але при низькій відносній вартості можна і без кредиту,
- кількість місць – від 80 до 160,
- комфортність – не менше ¼ місць для сидіння,
- експлуатаційна швидкість – не менше 65 км/год,
- термін служби – гарантійний термін не менше 4 років,
- наявна ремонтна база – на основі депо,
- потреба та наявність запасних частин – не менше 50%.

Аналіз альтернативних варіантів вирішення проблеми. Розглядають варіанти можливого вирішення проблеми. Для продажу заводи пропонують різні типи тролейбусів. Відібрано три варіанти, які задовольняють нашим вимогам. Головні їх характеристики такі:

Варіант А. Найбільш вмістимий тролейбус на 160 пасажирів, має 50 місць для сидіння, вартістю 650 тис грн. Банківський кредит 50% .

Варіант В. Тролейбус на 130 пасажирів, має 45 місць для сидіння, вартістю 550 тис грн., можливий кредит до 80% вартості.

Варіант С. Тролейбус на 90 пасажирів, має 50 місць для сидіння, вартістю 500 тис. грн. Банківський кредит 20%.

Інші характеристики наведено в табл.9.

Таблиця 9 – Варіанти тролейбусів, які пропонує ринок

Характеристика	Варіант тролейбуса		
	А	В	С
Місткість загальна	160	130	90
Комфортність (місць)	50	45	50
Швидкість, км/год.	65	70	80
Термін служби, років	4	6	5
Запасні частини, %	20	80	25
Ремонтна база	Задов.	Незад.	Задов.
Вартість, грн.	650000	550000	500000
Кредит, %	50	80	20

Аналіз даних табл. 9 показує, що не всі характеристики є незалежними. Ціна тролейбуса залежить від його місткості. Оскільки для виконання аналізу рекомендується розглядати тільки незалежні характеристики, то потрібно розрахувати вартість тролейбуса в розрахунку на одного пасажирів. Результати такого розрахунку показані у табл. 10.

Таблиця 10 – Вартість тролейбуса в розрахунку на одного пасажирів

Характеристика	Варіант тролейбуса		
	А	В	С
Відносна вартість	4063	4231	5556

Порівняння варіантів тролейбуса будемо здійснювати за приведеною ціною.

Під час виконання порівняння альтернативних варіантів слід також враховувати місткість, хоча ми раніше звертали увагу на взаємозалежність факторів місткість і ціна. Тепер, коли введена ціна в розрахунок на пасажирів, такої взаємозалежності немає. Але місткість не можна відкинути як самостійний показник. Справа в тому, що місткість є самостійним показником, адже від неї залежить кількість тролейбусів на маршрутах, скільки потрібно мати водіїв для обслуговування маршруту і, в кінцевому підсумку, величину транспортного потоку на вулицях міста.

Побудова ієрархічної моделі проблеми. Ієрархічну модель проблеми будують відповідно до декомпозиції проблеми з урахуванням

альтернативних варіантів вирішення проблеми. Вигляд її показано на рис. 78.

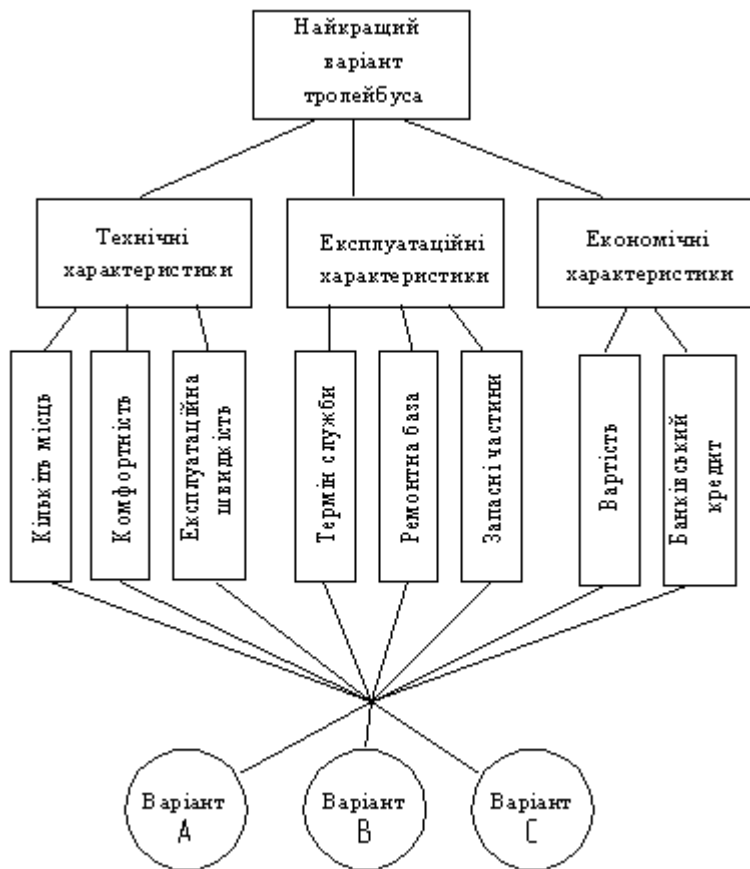


Рис. 78 - Ієрархічна модель проблеми вибору типу тролейбуса для закупки в депо

Як видно з рисунку, модель вирішення проблеми має три ієрархічні рівні. Можуть бути випадки, коли число рівнів більше. Для зменшення кількості розрахунків бажано спростити модель. У даній моделі число варіантів невелике, тому можна модель спростити і побудувати модель у дещо спрощеному варіанті, а саме як показано на рис. 79.

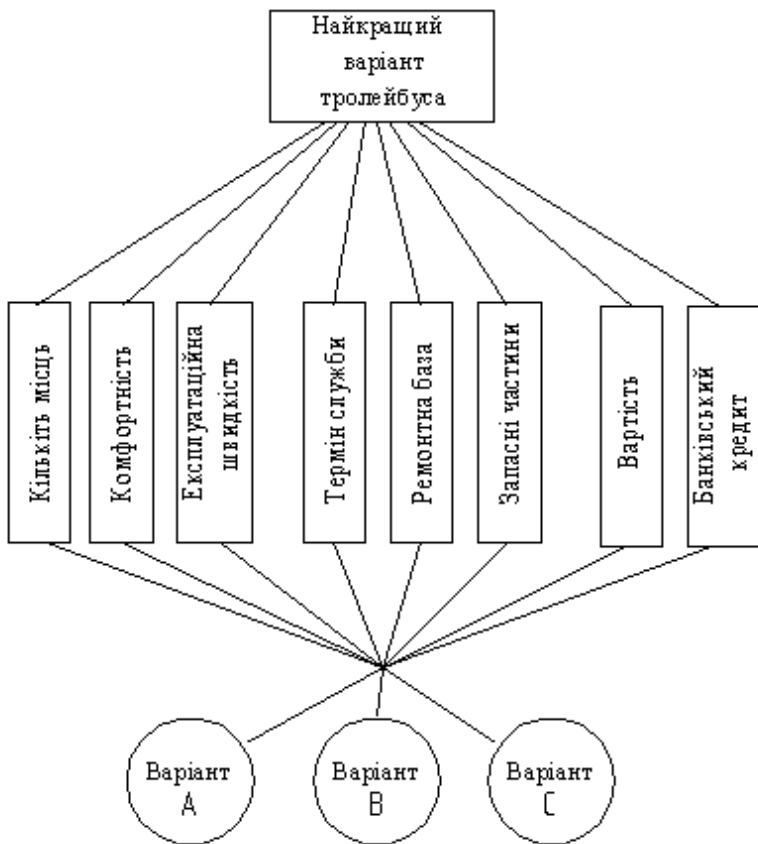


Рис. 79 - Спрощена ієрархічна модель проблеми вибору типу тролейбуса для закупки в депо

У спрощеній моделі на рис. 79 кількість рівнів декомпозиції зменшена і опущено один рівень декомпозиції. Ця модель після розрахунків дає такі ж результати, як і модель на рис. 78, але потребує менших розрахунків. Показане спрощення можна робити, коли число показників невелике, принаймні не більше 15. Проте спрощення розрахунків має і негативну сторону, яка полягає в тому, що доводиться будувати матрицю парних порівнянь досить великого розміру. Процес побудови узгодженої матриці вимагає певних зусиль і не завжди компенсує зменшення кількості розрахунків. Найбільші труднощі виникають при узго-

дження матриці парних порівнянь, і чим більші розміри матриці, тим важче добитись її узгодженості.

Експертна оцінка переваг і побудова матриць переваг. Найбільш важливим моментом вирішення проблеми за методом аналізу ієрархій, який потребує професійних знань і залучення до експертизи кваліфікованих експертів, є побудова матриць парних порівнянь. Матриці будують за результатами експертних оцінок. Їх кількість і розміри визначаються ієрархічною моделлю вирішення проблеми. На кожному рівні треба побудувати кілька матриць переваг, кількість і розміри яких визначаються моделлю ієрархії проблеми. Так, для моделі, показаної на рис. 78, потрібно побудувати такі матриці: одну матрицю розмірами 3×3 на першому рівні ієрархії, три матриці розмірами 3×3 , 3×3 і 2×2 на другому рівні і 8 матриць розмірами 3×3 на третьому рівні. Спрощена модель (див. рис.79) потребує побудови матриці розмірами 8×8 на першому рівні і 8 матриць розмірами 3×3 на другому рівні. Відповідно до кількості матриць визначається і обсяг необхідних розрахунків. Кожну матрицю переваг будують залежно від того, в якій шкалі задана характеристика. Якщо всі варіанти декомпозиції певного блоку діаграми виражені в шкалі відношень, то в матриці переваг елементи a_{ij} , визначаються як відношення відповідних величин, а саме величини, розміщеної в рядку i , поділеної на величину, розміщену в стовпчику j . Якщо порівнюються величини, не виражені в шкалі відношень, то в якості a_{ij} записується величина переваги, наданої експертами за шкалою Сааті.

Розглянемо побудову матриць переваг для прикладу вибору типу тролейбуса відповідно до спрощеної моделі декомпозиції (див. рис. 79). На першому рівні необхідно побудувати матрицю переваг розмірами 8×8 . Це матриця важливості показників вибору варіантів тролейбуса, а саме якому показнику потрібно приділяти більше уваги, вважати більш важливим під час вибору варіанту тролейбуса?: вартості, банківського кредиту, кількості місць, комфортності чи інших. Відносну важливість їх визначають експерти за шкалою Сааті. Для заповнення матриці переваг вони попарно порівнюють кожен показник з іншими і за шкалою Сааті визначають перевагу для кожної пари.

Порядок побудови та заповнення матриці:

- а) Будуємо квадратну матрицю розмірами 8×8 .
- б) В заголовки рядків і стовпчиків записуємо назву характеристик, як показано в табл. 11.
- в) Клітинки діагоналі матриці заповнюємо числом 1.
- г) Порівнюємо перший показник з наступними і проставляємо величину пріоритетів в шкалі Сааті.

д) Заповнюємо діагонально симетричні клітинки матриці оберненими числами.

Результати заповнення матриці показано в табл.11.

Таблиця 11 - Матриця парних порівнянь 1 рівня

Характеристика		1	2	3	4	5	6	7	8
Місткість	1	1	2	3	1/5	1/3	1/3	1/8	1/7
Комфортність	2	1/2	1	1/3	1/6	1/4	1/5	1/9	1/8
Швидкість	3	1/3	3	1	1/4	1/3	1/4	1/7	1/7
Термін служби	4	5	6	4	1	1/4	1/4	1/3	1/4
Запасні частини	5	3	4	3	4	1	2	1/5	1/4
Ремонтна база	6	3	5	4	4	1/2	1	1/2	0
Відносна вартість	7	8	9	7	3	5	2	1	1
Кредит	8	7	8	7	4	4	3	1	1

Розглянемо порядок заповнення матриці. Першим показником є загальна кількість місць у тролейбусі “Місткість”. Порівнюємо цей показник з наступним “Комфортність”. За оцінками експертів це майже рівнозначні показники. Вирішили, що можна надати пріоритет показнику “Місткість” в 2 бали за шкалою Сааті. У клітинку матриці вставляємо значення $a_{12} = 2$. Одночасно проставляємо для елемента матриці a_{21} значення, рівне оберненій величині $a_{21}=1/2$. Далі порівнюємо показник “Місткість” з показником “Швидкість”. Експлуатаційна швидкість усіх тролейбусів перевищує 65 км/год. В умовах міста швидкість сполучення не більша 18 км/год. Тому показник швидкості можна вважати не таким важливим, як показник місткості. Отже, перевага показника “Місткість” оцінена в 3 бали. $a_{13} = 3$, $a_{31} = 1/3$. Наступний показник “Термін служби”. Тут експерти вважають, що цей показник важливіший ніж показник “Місткість” За шкалою Сааті оцінка переваги в 5 балів. У даному випадку цю оцінку потрібно проставляти не в рядку першого показника, а в рядку показника, який більш важливий, тобто в рядку 4. Отже, $a_{41} = 5$ і $a_{14} = 1/5$. Подальший хід заповнення матриці зрозумілий. Найбільш важливим є фактор ціни і наявності кредиту, отже цим факторам надана перевага над іншими, що видно з даних табл. 11.

На другому рівні потрібно побудувати 8 матриць для кожного показника. Розглянемо побудову матриці парних порівнянь для показника “Місткість”.

Місткість тролейбуса задана загальним числом місць. Число місць виражається у шкалі відношень. Отже, матрицю пріоритетів буду-

емо як відношення відповідних величин. Записуємо варіанти тролейбусів і їх порівнюємо за показником “Місткість”. Побудована матриця показана в табл. 12

Таблиця 12 - Матриця парних порівнянь варіантів тролейбусів за показником місткості

Місткість	A	B	C
A (160)	1	1,231	1,778
B (130)	0,813	1	1,444
C (90)	0,563	0,692	1

У матриці табл.12 значення розраховані як відношення відповідних величин, вказаних у дужках першої колонки.

Матриця для показника “Комфортність” показана в табл.13. Комфортність треба виражати в процентах сидячих місць до загальної місткості тролейбуса. Відповідні величини показано в першій колонці табл. 13. У подальшому матрицю будують аналогічно матриці порівняння за місткістю.

Таблиця 13 - Матриця порівнянь варіантів тролейбусів за комфортністю

Комфортність	A	B	C
A (31,3%)	1	0,903	0,563
B (34,6%)	1,108	1	0,623
C (55,6%)	1,778	1,605	1

Матрицю для показника “швидкість” побудуємо за шкалою Сааті. Побудова матриці за експертними оцінками зумовлена тим, що зміна швидкості на певну величину (наприклад, 10 км/год) у шкалі відношень, порівняно зі швидкістю 70 км/год. незначна, тоді як для оцінки якості тролейбуса це досить значна перевага. Побудована матриця має вигляд, показаний у табл.14.

Таблиця 14 - Матриця порівнянь варіантів тролейбусів за швидкістю

Швидкість	A	B	C
A	1	0,333	0,143
B	3	1	0,200
C	7	5	1

Решта матриць наведена далі разом з результатами розрахунків.

Розрахунки векторів локальних переваг. Розрахунки виконують за формулами, наведеними вище. Порядок виконання розрахунку

покажемо на прикладі матриці 1-го рівня декомпозиції. Для виконання розрахунку зручно використати електронну таблицю EXCEL. Результати розрахунку наведені в табл. 15.

Таблиця 15 - Результати розрахунку матриці пріоритетів першого рівня

	1	2	3	4.	5	6	7	8
Місткість	1	2	3	0,200	0,333	0,333	0,125	0,143
Комфортність	0,500	1	0,333	0,167	0,250	0,200	0,111	0,125
Швидкість	0,333	3	1	0,250	0,333	0,250	0,143	0,143
Термін сл.	5	6	4	1	0,250	0,250	0,333	0,250
Зап. Част.	3	4	3	4	1	2	0,200	0,250
Рем. база	3	5	4	4	0,500	1	0,500	0
Відн. вартість	8	9	7	3	5	2	1	1
Кредит	7	8	7	4	4	3	1	1
Сума	27,833	38,00	29,33	16,617	11,667	9,033	3,412	3,244

Головний власний вектор	Вектор пріоритетів	Сума по колонках	Власне значення λ_{\max}
V_i	P_i	S_j	$P_i \cdot S_j$
0,470	0,040	27,833	1,123
0,257	0,022	38,000	0,840
0,379	0,033	29,333	0,954
0,943	0,081	16,617	1,345
1,396	0,120	11,667	1,398
1,454	0,125	9,033	1,127
3,330	0,286	3,412	0,975
3,422	0,294	3,244	0,953
11,65	1,00	139,140	8,714

Як показано, розрахунки краще виконувати в табличній формі. Рядом з матрицею переваг виділяють колонки для результатів розрахунку головного власного вектора матриці, вектора пріоритетів і складових власного значення матриці. За наведеними формулами виконують розрахунки.

Оцінка узгодженості суджень експертів (узгодженості матриць переваг). За результатами розрахунків виконують оцінку узгодженості матриці бінарних порівнянь.

Розраховуємо індекс узгодженості матриці

$$iy = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{8,714 - 8}{8 - 1} = 1,02$$

і відношення узгодженості

$$vy = \frac{iy}{vi} = \frac{0,102}{1,41} = 0,072.$$

Відношення узгодженості матриці відповідає умові, при якій матрицю вважаємо достатньо узгодженою, а саме воно не перевищує величини 0,1. Отже, результати експертизи можемо вважати задовільними і результат розрахунку локального вектора пріоритетів даної матриці використати для подальших розрахунків.

Якщо умова узгодженості не виконується, то треба уважно проаналізувати матрицю пріоритетів, звернути особливу увагу на дотримання вимоги порядкової узгодженості. Там, де така узгодженість порушується, потрібно скоректувати оцінки так, щоб в них не було протиріч.

Розрахунки власних векторів і перевірку ступеня узгодженості суджень потрібно виконати для всіх матриць моделі. Матриці й результати розрахунків для нашої моделі наведені в табл.16 - 23.

Таблиця 16 – Результати розрахунку вектора пріоритетів для показника “Місткість”

Місткість	A	B	C	Vi	Pi	Sj	Pi*Sj
A	1	1,231	1,778	1,2982	0,4211	2,375	1
B	0,813	1	1,444	1,0548	0,3421	2,923	1
C	0,563	0,692	1	0,7303	0,2368	4,222	1
Сума	2,375	2,923	4,222	3,0833		Lmax=	3

Індекс узгодженості

Iy = 0.

Відношення узгодженості

Vy = 0.

Таблиця 17 – Результати розрахунку вектора пріоритетів для показника “Комфортність”

Комфортність	A	B	C	Vi	Pi	Sj	Pi*Sj
A	1	0,903	0,563	0,798	0,257	3,885	1,000
B	1,108	1	0,623	0,884	0,285	3,508	1,000
C	1,778	1,605	1	1,418	0,458	2,186	1,000
Сума	3,885	3,508	2,186	3,100	1,000	Lmax=	3,000

Індекс узгодженості $I_y = 0.$

Відношення узгодженості $B_y = 0.$

Таблиця 18 – Результати розрахунку вектора пріоритетів для показника “Швидкість”

Швидкість	A	B	C	Vi	Pi	Sj	Pi*Sj
A	1	0,333	0,143	0,362	0,081	11	0,891
B	3	1	0,200	0,843	0,188	6,333	1,193
C	7	5	1	3,271	0,731	1,343	0,981
Сума	11	6,333	1,343	4,477	1,000	Lmax=	3,065

Індекс узгодженості $I_y = 0,032.$

Відношення узгодженості $B_y = 0,056.$

Таблиця 19 – Результати розрахунку вектора пріоритетів для показника “Термін служби”

Термін служби	A	B	C	Vi	Pi	Sj	Pi*Sj
A	1	1	1	0,811	0,267	3,750	1,00
B	2	1	1	1,216	0,400	2,500	1,00
C	1	1	1	1,014	0,333	3,000	1,00
Сума	3,750	2,500	3,000	3,041	1,000	Lmax=	3,00

Індекс узгодженості $I_y = 0.$

Відношення узгодженості $B_y = 0.$

Таблиця 20 – Результати розрахунку вектора пріоритетів для показника “Запасні частини”

Запасні частини	A	B	C	Vi	Pi	Sj	Pi *Sj
A	1	0,142	2	0,659	0,150	8,500	1,27
B	7	1	5	3,271	0,744	1,343	1,00
C	0,5	0,200	1	0,464	0,106	8,000	0,85
Сума	8,500	1,343	8,000	4,394	1,000	Lmax=	3,12

Індекс узгодженості

Iy = 0,06.

Відношення узгодженості

By = 0,10.

Таблиця 21 – Результати розрахунку вектора пріоритетів для показника “Ремонтна база”

Ремонтна база	A	B	C	Vi	Pi	Sj	Pi*Sj
A	1	7	3	2,759	0,641	1,476	0,95
B	0,143	1	0,167	0,288	0,067	14,00	0,94
C	0,333	6	1	1,260	0,293	4,167	1,22
Сума	1,476	14,00	4,167	4,307	1,000	Lmax=	3,10

Індекс узгодженості

Iy = 0,05.

Відношення узгодженості

By = 0,09.

Таблиця 22 – Результати розрахунку вектора пріоритетів для показника “Відносна вартість”

Відносна вартість	A	B	C	Vi	Pi	Sj	Pi*Sj
A	1	0,960	0,731	0,889	0,293	3,409	1
B	1,041	1	0,762	0,926	0,305	3,273	1
C	1,368	1,313	1	1,215	0,401	2,493	1
Сума	3,409	3,273	2,493	3,030	1,000	Lmax=	3

Індекс узгодженості

Iy = 0.

Відношення узгодженості

By = 0.

Таблиця 23 – Результати розрахунку вектора пріоритетів для показника “Кредит”

Кредит	A	B	C	Vi	Pi	Sj	Pi*Sj
A	1	0,625	2,500	1,160	0,333	3,000	1
B	1,600	1	4,000	1,857	0,533	1,875	1
C	0,400	0,250	1	0,464	0,133	7,500	1
Сума	3,000	1,875	7,500	3,481	1,000	Lmax=	3

Індекс узгодженості

Iy = 0.

Відношення узгодженості

Vy = 0.

Розраховані величини відношень узгодженості всіх матриць задовольняють умові узгодженості. Отже, всі матриці складені правильно і добре узгоджені. Компоненти векторів пріоритетів, одержані в результаті розрахунків, є оцінкою пріоритету кожної з альтернатив за певним показником. На наступному кроці потрібно узагальнити результати, одержані для кожного показника і розрахувати вектор глобальних пріоритетів з урахуванням важливості кожного показника.

Розрахунок вектора глобальних пріоритетів. Вектор глобальних пріоритетів дає загальну оцінку переваги кожної альтернативи. Він враховує важливість кожного показника і перевагу альтернативи за цим показником. Вектор глобальних пріоритетів - це кількісна характеристика альтернативи, подана у шкалі відношень. Розраховують вектор глобальних переваг у такому порядку. Спочатку формують матрицю локальних пріоритетів D_{ij} на нижньому рівні декомпозиції. Елементами матриці D_{ij} є вектори - колонки пріоритетів нижнього рівня ієрархії. У нашому випадку вектори подані в табл.24, а матриця пріоритетів нижнього D_{ij} наведена далі (табл. 25).

Таблиця 24 – Вектори пріоритетів нижнього рівня задачі вибору типу тролейбуса

Вміст.	Комф.	Швидк.	Термін служби	Запасні частини	Рем. база	Відносна вартість	Кредит
0,421	0,257	0,081	0,267	0,150	0,641	0,293	0,333
0,342	0,285	0,188	0,400	0,744	0,067	0,305	0,533
0,237	0,458	0,731	0,333	0,106	0,293	0,401	0,133

Таблиця 25 – Матриця пріоритетів нижнього рівня

$D_{ij} =$	0,421	0,257	0,081	0,267	0,150	0,641	0,293	0,333
	0,342	0,285	0,188	0,400	0,744	0,067	0,305	0,533
	0,237	0,458	0,731	0,333	0,106	0,293	0,401	0,133

Глобальний вектор пріоритетів A_i відшукують як добуток матриці локальних пріоритетів нижнього рівня на вектор пріоритетів верхнього рівня, а саме:

$$A_i = D_{ij} * P_j.$$

Вектор пріоритетів верхнього рівня подано в табл.25.

Множення матриць, як відомо, виконують за правилом

$$A_i = \sum_{j=1}^n D_{i,j} * P_j.$$

$$D_{ij} = \begin{vmatrix} 0,42 & 0,26 & 0,08 & 0,27 & 0,15 & 0,64 & 0,29 & 0,33 \\ 0,34 & 0,28 & 0,19 & 0,40 & 0,74 & 0,07 & 0,31 & 0,53 \\ 0,24 & 0,46 & 0,73 & 0,33 & 0,11 & 0,29 & 0,40 & 0,14 \end{vmatrix} * \begin{vmatrix} 0,04 \\ 0,02 \\ 0,03 \\ 0,08 \\ 0,12 \\ 0,13 \\ 0,29 \\ 0,29 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,327 \\ 0,400 \\ 0,273 \end{vmatrix}$$

Вектор глобальних пріоритетів встановлює пріоритет кожної з альтернатив. Розраховані пріоритети подані в табл.26.

Таблиця 26 – Розраховані за методом МАІ значення глобальних пріоритетів для альтернатив вибору варіанта тролейбуса

Варіант тролейбуса	Значення пріоритету
A	0,327
B	0,400
C	0,273

Вектор глобальних пріоритетів є основою вибору рішення. У нашому прикладі ми бачимо, що перевагу слід віддати варіанту B і вибра-

ти для закупки в метро тролейбус варіанту В. Це тролейбус на 130 пасажирів, який має 45 місць для сидіння, вартістю 550 тис грн., можливий кредит до 80% вартості.

У наведеному прикладі показано, як послідовно здійснюється вирішення проблеми за допомогою методу аналізу ієрархій. Цей метод є зручним тому, що дозволяє виробити об'єктивний критерій для вирішення проблеми в складній ситуації, коли є багато показників, за якими здійснюється вибір, коли вибір виконує велике число людей і всі мають свої інтереси, коли є велика кількість альтернатив і вибрати одну з них буває важко. Цей метод широко застосовується для вирішення різного типу завдань технічного, економічного і організаційного характеру.

Контрольні запитання

1. Яку структуру називають ієрархічною?
2. Який опис системи називають ієрархічним описом?
3. Які види ієрархій Ви знаєте?
4. Яка ієрархія називається домінантною повною ієрархією?
5. Зобразіть схематично домінантну неповну ієрархію.
6. Чи допускає ієрархічна структура зворотні зв'язки, як така структура називається?
7. У чому полягає метод аналізу ієрархій?
8. Поясніть Ваше розуміння терміну “Синтез множини суджень”?
9. Наведіть приклади альтернатив вирішення будь-якої проблеми.
10. Який порядок побудови ієрархічної моделі представлення проблеми вибору?
11. Що таке критерії вибору?
12. Який порядок виконання МАІ?
13. Розшифруйте скорочення МАІ.
14. Який порядок виконання декомпозиції проблеми?
15. Розгляньте яку-небудь проблему і зобразіть схему її декомпозиції?
16. Порахуйте кількість матриць пріоритетів, які треба побудувати для заданої ієрархічної моделі проблеми.
17. Які спрощення допускаються при декомпозиції проблеми?
18. Якою кількістю показників на одному рівні слід обмежуватись під час побудови ієрархічної моделі проблеми?
19. Що таке узгодженість матриці декомпозиції?
20. Як перевірити наявність порушень порядкової узгодженості матриці?

21. Як розрахувати значення власного вектора матриці пріоритетів?

22. Як будують матрицю локальних пріоритетів нижнього рівня?

23. Як розрахувати вектор глобальних пріоритетів?

24. Як слід поступити коли перевірка показує, що побудована на основі експертних оцінок матриця пріоритетів недостатньо упорядкована?

25. Які властивості має вектор глобальних пріоритетів?

26. Вкажіть декілька завдань, які можна вирішувати, користуючись методом MAI.

Розділ 16. Неформалізовані методи системного аналізу

Описані в попередніх розділах методи й алгоритми системного аналізу можуть створити враження, що системний аналіз це повністю формалізована навчальна дисципліна, яка дає рекомендації для вирішення будь-якої проблеми. Її процедури - це опис системи на вербальному рівні, побудова найпростіших моделей, розширення моделей і побудова найбільш повних моделей, вирішення проблеми в цілому. Проте ця зовнішня простота зникає одразу, як тільки доводиться мати справу з вирішенням конкретного завдання, розв'язанням певної проблеми. Навіть формалізовані кроки потребують неформального мислення, врахування великої кількості фактів. У цьому ми переконалися, будуючи найпростіші змістовні моделі, як-от “Чорний ящик” чи “Склад системи”. Але, крім формалізованих методів, виконання системного аналізу передбачає цілий ряд неформалізованих дій. Потреба виконання таких дій зумовлена тим, що існують процедури, які досить важко формалізувати, а також процедури, які зовсім не піддаються формалізації. Тому для вирішення проблем системного аналізу поряд із знанням формалізованих процедур важливе значення має уміння мислити, творчо вирішувати поставлені завдання.

Системний аналіз, перш за все, потребує повного знання системи, її місця в навколишньому світі. У цьому відношенні системний аналіз близько підходить до філософії і його інколи називають “прикладною діалектикою” [1,2]. Без глибоких знань і широкого кругозору неможливо ефективно вирішувати завдання системного аналізу. Кожне завдання системного аналізу, яким би простим воно не виглядало спочатку, потребує усестороннього розгляду, детального аналізу, творчого підходу. Вирішення глобальних проблем, з якими має справу людство, неможливе без наукових знань, філософських уявлень про місце людини в світі, про напрямки соціального прогресу і розвитку людства.

1. Формулювання проблеми

Перші труднощі виконання системного аналізу виникають вже під час формулювання проблеми, яку треба вирішити. Якщо для більшості наукових дисциплін постановка проблеми – це початковий етап роботи, то в системному аналізі формулювання проблеми може бути результатом досить великої праці, це може бути проміжний або навіть кінцевий результат роботи. Наприклад, у математиці завдання дослі-

дження ставиться таким чином: вивчити характер руху тіла з певними параметрами при заданих початкових умовах. Всі зусилля математика спрямовані на вирішення такого завдання і отримання кінцевого результату. Труднощі виникають під час знаходження рішення завдання, залежно від умов завдання може бути вирішене повністю, при інших – частково або зовсім не мати розв'язку, як наприклад, загальне завдання вивчення руху трьох чи більшої кількості тіл у просторі.

Системний аналіз має справу з проблемами, поставленими у більш загальному вигляді. Наприклад, “Як покращити транспортне обслуговування населення міста?” Звичайно, проблема ставиться тоді, коли вона реально існує. Її потрібно вирішувати. Вона має практичне значення. Але, як правило, перше формулювання проблеми в системному аналізі не є остаточним і над формулюванням проблеми треба достатньо попрацювати, щоб її можна було вирішити. Вирішити проблему в такому формулюванні важко. В системному аналізі всяке початкове формулювання проблеми розглядають як “нульове, початкове наближення”. Зумовлене це, по-перше, тим, що – всяка проблема виникає в певній системі і характерна саме для системи, в якій вона виникла. Система не є ізольованою, вона безліччю зв'язків пов'язана з іншими системами. Вирішення проблеми в системі неодмінно впливає на інші системи. Тому потрібно розглядати проблеми більш широко з урахуванням інших системи, метасистеми, в яку входить дана система. Інколи врахування метасистеми, постановка більш загальної задачі приводить до спрощення проблеми, до вирішення проблеми, яку в ізольованій системі вирішити важко, як наприклад, проблема забезпечення вентиляції квартир будинку (див. 3 розділу 2). Для поставленої тут проблеми вирішенням може бути, наприклад, підвищення добробуту населення в державі, забезпечення його індивідуальним транспортом.

По-друге, система, в якій виникла проблема, є структурованою і складається з ряду підсистем. Тому можливо, що сама проблема може бути перенесена на ряд підсистем. У нашому прикладі це можуть бути проблеми “Як розвинути мережу метрополітену?”, “Як узгодити роботу різних видів транспорту?”, “Як організувати транспортні магістралі по території міста?”

По-третє, причиною віднесення початкового формулювання проблеми до нульового наближення є те, що проблема формулюється певною особою і залежить від її точки зору, від того, як ця особа бачить саму проблему й методи її розв'язання. Тому під час аналізу формулювання проблеми необхідно враховувати різні погляди, розглядати проблеми з точки зору всіх осіб, зацікавлених в її вирішенні. Приклади вра-

хування різних точок зору неодноразово зустрічалися в даному посібнику.

Отже, до всякої реальної проблеми треба підходити не як до однієї ізольованої проблеми, завдання, яке потрібно вирішити в даному формулюванні, а як до сукупності, “клубка” зв’язаних між собою різноманітних проблем – проблематики. Дослідження проблеми необхідно розпочинати з постановки проблематики, тобто з аналізу всіх аспектів проблеми. При цьому слід враховувати всі три наведені тут аспекти, а саме: виділити систему, в якій виникла проблема, виконати аналіз систем, з якими вона зв’язана, розглянути метасистему і проблему відносно метасистеми; розглянути структуру системи і проблеми, що відносяться до підсистем, врахувати різні точки зору на проблему всіх осіб, зацікавлених у її вирішенні.

Будуючи проблематику для формулювання проблеми і її вирішення, треба встановити, які зміни необхідно внести в систему, чому їх потрібно внести, хто зацікавлений у внесенні змін і в чому саме він зацікавлений.

Формулювання проблеми для її вирішення – самий відповідальний крок системного аналізу, він визначає всі подальші кроки аналізу та його кінцевий результат. Не даремно говорять, що “добре поставити завдання – значить наполовину вирішити його”. Системні запитання, які потрібно поставити під час формулювання проблеми, схематично показані на рис. 80.

2. Виявлення цілей

Після постановки проблеми наступним кроком системного аналізу є визначення цілей вирішення проблеми. Визначення цілей означає, що проблема повинна бути приведена до такого вигляду, коли чітко поставлені цілі або завдання, які дозволяють повністю чи частково вирішити проблему. Труднощі, що виникають під час постановки цілей, зумовлені тим, що ціль є іншою, зворотною стороною проблеми. Якщо формулюючи проблему, ми вже маємо в наявності систему, яка її містить, ми вказуємо на те, що нас не влаштовує, то під час постановки цілей необхідно визначити, чого ми хочемо досягнути, до чого потрібно прагнути, який ідеальний результат вирішення проблеми буде. Це зробити значно важче, ніж просто сформулювати проблему, адже рішення ще немає, воно не існує, його ще треба знайти. Напрямків вирішення проблеми завжди, як правило, досить багато. Під час формулювання цілей потрібно вибрати найбільш вірні напрямки, які дійсно приводять до вирішення проблеми.

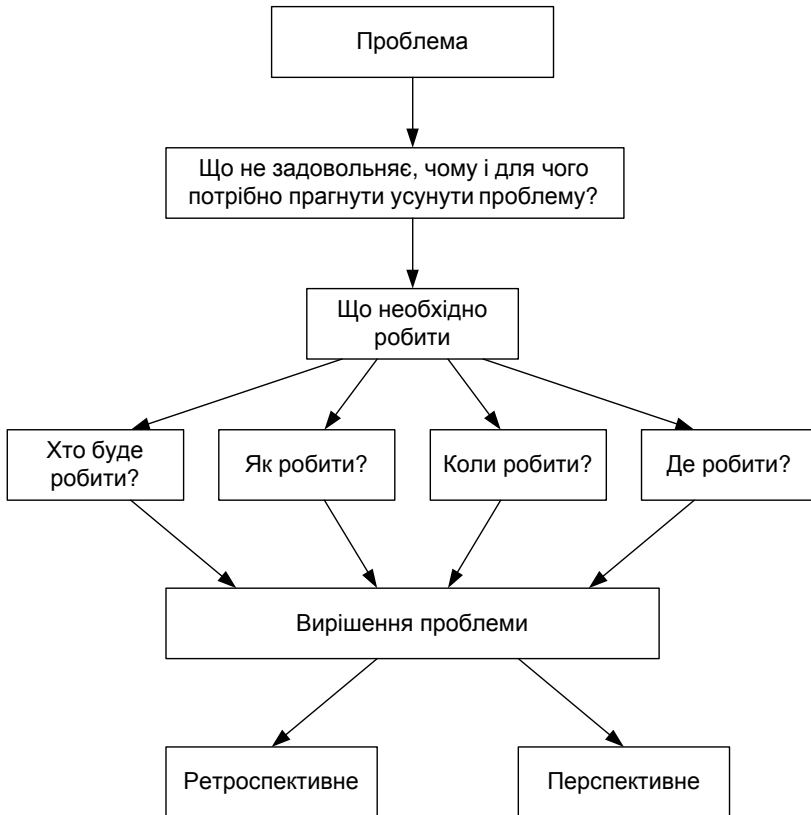


Рис. 80 - Модель системних запитань для вирішення проблеми

Ціллю називають результат або стан, якого прагнуть досягнути.

Розрізняють об'єктивні й суб'єктивні цілі (див. розділ 1.).

Суб'єктивна ціль – це образ бажаного майбутнього стану або результату діяльності системи відповідно до її призначення. Суб'єктивні цілі визначаються людиною (суб'єктом), як правило, для штучних або змішаних систем.

Об'єктивна ціль – це майбутній реальний стан системи, якого вона досягне, рухаючись по траєкторії свого життєвого циклу. Об'єктивні цілі визначаються для природних систем.

Проблема у своїй постановці передбачає досягнення цілого ряду цілей. Ціль, яка може бути сформульована у постановці проблеми, має, як правило, загальний, дещо розпливчастий, декларативний характер.

Проблема не завжди може бути вирішена повністю. У багатьох випадках достатнім результатом є часткове вирішення проблеми. Наприклад, ціль поставленої в попередньому параграфі проблеми, а саме: покращання транспортного обслуговування жителів міста має загальний декларативний характер. Вона містить цілий ряд аспектів, інших цілей, вирішення яких певною мірою є вирішенням поставленої проблеми.

Сформулювати ціль – означає визначити, що потрібно зробити для вирішення проблеми повністю чи частково. Складність формулювання цілей має ряд причин. Серед цих причин можна виділити такі:

- суб'єктивний характер цілей;
- складність та ієрархія цілей;
- взаємозумовленість цілей;
- зв'язок цілей з можливістю їх досягнення.

Суб'єктивний характер цілей зумовлений тим, що у вирішенні всякої проблеми кожен суб'єкт може мати свої певні цілі, відмінні від цілей іншого суб'єкта. Наприклад, у проблемі покращання транспортного обслуговування населення міста зацікавлені особи мають різні цілі. Для населення – це ціль якнайшвидше і якомога дешевше добратися від однієї точки до іншої; для виробничих підприємств – забезпечити своєчасну доставку робітників до місця роботи, для торгових організацій – забезпечити максимальну кількість населення в місцях розміщення торгових точок; для працівників електротранспорту – це розвиток і збільшення прибутку і т.д.

Суб'єктивний характер цілей зумовлений також системою цінностей, якою керуються особи, котрі ставлять певні цілі. У найбільш загальній постановці можна виділити дві системи цінностей [1, 2]: технократичну і гуманістичну:

- технократична – “людина - цар природи”,
- гуманістична – “людина – частина природи”.

Деякі характеристики вказаних систем цінностей наведено в табл.27.

Складність та ієрархія цілей полягає у тому, що всяка проблема має ряд цілей різного рівня. Вона зумовлена тим, що всяка проблема виникає в системі, що входить в більш загальну метасистему і містить у собі підсистеми. Цілі можуть бути сформульовані для кожного ієрархічного рівня. Наприклад, ціль покращання транспортного обслуговування населення міста для метасистеми - держави може бути сформульована як більш загальна ціль – покращання добробуту населення, досягнення більш високого розвитку держави. Для підсистем транспорту міста цілями можуть бути, наприклад, покращання роботи метрополітену, розвиток автобусного сполучення, розвиток транспортної мережі й ре-

гулювання руху на дорогах і т.п. Тобто існує ціла ієрархія цілей і вибір конкретних з них має важливе значення. Досягнення певної цілі є певним етапом вирішення проблеми.

Таблиця 27 - Характеристики систем цінностей

Технократична система цінностей	Гуманістична система цінностей
Природа – джерело необмежених ресурсів Людина - господар природи Природа ворожа чи нейтральна Потрібно керувати навколишнім середовищем Технічний розвиток суспільства Ринкові відносини Риск і виграш Індивідуальне самозабезпечення Розумність засобів Інформація, запам'ятовування Освіта	Природні ресурси обмежені Гармонія з природою Природа дружелюбна Навколишнє середовище знаходиться в чутливій рівновазі Соціально-культурна рівновага Суспільні інтереси Гарантія безпеки Колективна організація Розумність цілей Знання, розуміння Культура

Взаємозумовленість цілей полягає у тому, що кожна ціль не самостійна, не відірвана від інших, а взаємозв'язана з ними. Досягнення однієї цілі змінює можливість досягнення інших цілей. Як показано в розділі 2, при вирішенні однієї проблеми, досягненні однієї цілі система змінюється, стає іншою, для неї характерні інші цілі. Наприклад, побудова нових ліній метрополітену приводить до зміни пасажиропотоків у місті, структури наземного міського пасажирського транспорту, транспортної доступності районів міста. Збільшення кількості індивідуального транспорту населення приводить до загострення проблем регулювання руху на дорогах, виникнення аварійних ситуацій, зменшення середньої швидкості транспорту на вулицях міста.

Зв'язок цілей із засобами і можливістю їх досягнення полягає в тому, щоб були поставлені такі цілі, які можна досягнути наявними засобами за визначений час. До засобів досягнення цілей відносяться матеріальні, фінансові, й енергетичні ресурси, все більшого значення набувають інформаційні й інтелектуальні ресурси.

Під час визначення цілей важливо враховувати ситуації, коли досягнення цілей не приведе до вирішення проблеми. Це може бути в результаті:

- підміни цілей засобами їх досягнення,

- змішування цілей,
- зміни цілей на протязі часу.

Підміна цілей засобами їх досягнення є однією з небезпек, яка може призвести не до вирішення проблеми, а до її загострення. Це буває тоді, коли засоби досягнення приймаються за самостійні цілі. Наприклад, розглянемо проблему підвищення рівня знань випускників навчального закладу. Засобів вирішення проблеми є досить багато - це застосування нових прогресивних методів навчання та контролю знань, наприклад, рейтингово-блочного методу навчання, підвищення середнього балу успішності та ін. Доки ці питання розглядаються як методи підвищення рівня знань студентів і використовуються в сукупності з іншими засобами, то ціль підвищення рівня знань може бути досягнута. Але як тільки цим питанням надається більше значення і вони розглядаються як самостійні цілі (ціль впровадження рейтингово-блочного методу навчання; ціль підвищення середнього балу успішності), то проблема підвищення рівня знань може ще більше загостритися. Справді, рейтингова оцінка знань за тестами зводить до мінімуму контакт студентів з викладачем, студент не набуває навиків розмовляти, викладати свої думки, вести діалог зі спеціалістом. Це може призвести до зниження рівня його знань навіть при успішному виконанні тестових завдань. Те саме стосується до вимог підвищення середнього балу успішності. Якщо таку ціль ставити як самостійну і до неї прагнути всіма засобами, то можливе підвищення середнього балу успішності навіть при зниженні середнього рівня знань студентів.

Для розглянутого прикладу щодо покращання транспортного обслуговування населення міста можливими засобами вирішення проблеми є більш повне забезпечення населення індивідуальними транспортними засобами, розвиток таксомоторного транспорту замість тролейбусного чи трамвайного. Але якщо ці засоби ставляться як самостійні цілі, то можливо, що загальна проблема ще більше загостриться. Ми це бачимо на прикладі великих міст, де розвиток індивідуального й таксомоторного транспорту призвів до перенасичення транспортних магістралей, виникнення пробок на дорогах, аварійних ситуацій, зменшення середньої швидкості сполучення і загострення проблеми транспортного обслуговування населення.

Іншою стороною небезпеки є змішування цілей, коли одна ціль приймається замість іншої, головна - підмінюється другорядною. Така небезпека буває тоді, коли авторитетні професіональні спеціалісти нав'язують своє бачення проблеми і підмінюють головні цілі своїми. Наприклад, відомим є факт, що великий винахідник в області електротехніки Едісон забороняв використання змінного струму на тій основі,

що вважав його неперспективним і орієнтувався тільки на постійний струм, що було помилковим. Прикладів змішування цілей можна навести багато. Ними викликані проблеми Байкалу, коли на його березі був побудований целюлозний комбінат і було загублене найбільше в світі прісноводне озеро, порушена його екологічна рівновага. Залив Кара-Богаз-гол перегородили, щоб побудувати хімічні комбінати, в результаті виникла маса проблем Каспійського моря. Грандіозні проекти повернення великих сибірських рік, також ледве не були реалізовані і не привели до грандіозних природних катастроф.

Третій аспект проблеми – зміна цілей протягом часу. Така зміна цілей зумовлена двома причинами. По-перше, в міру досягнення певних часткових цілей система, що містила проблему, змінюється і змінюються її цілі. По-друге, з часом змінюється навколишнє середовище і зміна його приводить також до зміни цілей системи або навіть до зміни проблеми в цілому. З часом проблема може загострюватися, але може вирішуватися і сама по собі під впливом зовнішніх факторів.

3. Формулювання критеріїв

Наступним кроком системного аналізу є формулювання критеріїв. Для вирішення проблеми треба встановити критерії, за якими оцінюється ступінь досягнення цілі. У підручнику [1] критерій визначається так: критерій – це кількісна модель якісних цілей.

Сформульовані критерії в певному відношенні замінюють ціль. У процесі вирішення проблеми критерій є саме той показник, що визначає, в якій мірі досягнута ціль. Після вибору і формулювання критерію вирішення проблеми переводиться до завдання оптимізації за певним критерієм. Тому вибір критерію повинен здійснюватись так, щоб він (якщо критерій один) якомога більше відповідав поставленій цілі. Досягнути цього непросто, адже критерій не співпадає з цілями, перш за все тому, що критерій визначається у кількісній шкалі: ранговій, інтервальної чи відношень, тоді як цілі визначаються якісно і здебільшого кількісного вираження не мають. Тому ми вказуємо, що критерій – це модель цілі, виражена в певній кількісній шкалі.

Під час формулювання критерію, у першу чергу, необхідно оцінити придатність його для відображення цілі. Це зробити не просто, тому що існує певна, подекуди досить велика кількість цілей. Формулюючи критерій, зацікавлені особи користуються різними системами цінностей. Поряд з відміченими раніше технократичною і гуманістичною системами цінностей існують і моральні, естетичні, психологічні, філософські, пізнавальні, політичні та інші системи. Наявність великої

кількості цілей і різних систем цінностей зумовлює багатокритеріальність завдань вирішення проблеми.

Формулювання критеріїв є складним творчим завданням. Критерії повинні бути такими, щоб найбільш повно відображали (покривали) поставлену ціль, щоб відповідали саме поставленій цілі і були зорієнтовані на досягнення глобальної цілі системи, на повне вирішення проблеми. Інколи для цього необхідно ввести сукупність критеріїв, а деколи вдається вибрати один критерій. Наприклад, за стандартами ЮНЕСКО рівень медичного обслуговування населення оцінюється за статистикою дитячої смертності, рівень життя в країні за тривалістю життя. Показником ефективності навчального процесу в деяких навчальних закладах служить число студенто-годин, що припадає на одного викладача. Хоча цей показник і має ряд недоліків, за що його критикують і не завжди приймають, але в умовах, коли студент може вільно вибирати і відвідувати заняття того чи іншого викладача, цей чи інший предмет, такий показник виражає зацікавленість студентів у даному предметі та якість викладання [1].

Під час вибору критеріїв потрібно керуватись вимогою, щоб їх число було якомога менше при повному описі цілі. Як правило, для цього можна використати поняття конфігуратора системи. Адже конфігуратор системи відображає її повністю з різних сторін (див. розділ 7). У деяких задачах математики користуються поняттям лінійної незалежності сторін опису системи. Вимога всебічності опису є однією з важливих умов вибору критерію. Можливим є вибір одного критерію, який повністю відповідає поставленій цілі. Вибір такого критерію є не простим завданням. Наведені приклади показують можливість вибору одного критерію навіть для вирішення досить складних проблем. Для вирішення багатьох завдань існують формалізовані методи зведення багатокритеріальної задачі до задачі з одним критерієм. Частково такі методи розглядаються в цьому посібнику (див. розділ 14).

Під час вирішення задач системного аналізу і досягнення цілей за певним критерієм потрібно враховувати обмеження, які можуть накладатися на критерії. У деяких випадках обмеження зумовлені об'єктивними причинами. У таких випадках задача подальшого вибору виконується в умовах діючих обмежень. Як найбільш прості приклади вирішення завдань такого типу можна вказати задачі області лінійного програмування. Але системному аналітику на практиці доводиться часто мати справу, коли обмеження мають чисто суб'єктивний характер і не дозволяють досягнути поставлених цілей. У таких випадках необхідно вживати заходи по зняттю обмежень, розширенню проблеми і рамок її вирішення.

4. Генерація альтернатив

Важливим етапом вирішення проблеми є генерація альтернатив.

Альтернатива – це один з можливих напрямків діяльності в момент прийняття рішення.

Розглянуті в розділі 14 завдання вибору засновані на тому, що задана множина альтернатив і потрібно здійснити вибір кращої, яка за вибраними критеріями найбільше задовольняє поставленим цілям. У подальшому аналізі вирішується технічне завдання вибору, а саме прийняття рішення, яке певною мірою формалізоване. Проблемою залишається вибір альтернатив, чи їх створення, генерація.

Завдання створення альтернатив вирішення проблеми є одним з найбільш складних, творчих завдань. Для його вирішення розроблено чимало різних прийомів і навіть окремих наукових напрямків. Такими напрямками є синектика, ділові ігри, мозковий штурм, використання алгоритмів винаходу та ін. Основою їх є створення такої обстановки, психологічного й морального клімату, в якому найбільше виявляються творчі здатності спеціалістів. Перелік методів дано в підручнику [1], а опис - у великій кількості літератури, частковий список якої наведено у цьому посібнику.

5. Прийняття рішення

Кульмінаційним моментом системного аналізу є прийняття рішення, або вибір однієї з можливих альтернатив. Вибір дозволяє організувати цілеспрямовану діяльність, направлену на вирішення проблеми. Процес прийняття рішення найбільш відповідальний у всякій діяльності. Деякі аспекти цього питання ми вже розглядали. У практиці вирішення проблеми вибір може здійснюватися такими методами:

- автоматичний вибір, на рівні рефлексів, притаманних людині;
- вибір методом проб та помилок;
- вибір на основі рекомендацій авторитетних осіб;
- методом інтуїції, одержаної на основі практичної діяльності;
- вибір на основі виконаних розрахунків.

Результати вибору залежать від умов, при яких він виконується.

Можливі такі умови здійснення вибору:

- вибір в умовах визначеності;
- вибір в умовах ризику;
- вибір в умовах невизначеності.

На вибір впливає також характер відповідальності. Він може здійснюватись при:

- індивідуальній відповідальності;
- колективній відповідальності;
- відсутності відповідальності;
- у конфліктній ситуації.

Існує багато випадків, коли можна використовувати формальні правила вибору рішення. Розроблено чимало методів, які формалізують процедуру прийняття рішення. Для вирішення питання прийняття рішень існує значний обсяг наукових розробок і теорій, що дозволяють здійснити вибір за певних обставин [39]. Вони частково розглянуті в розділі 14. Але наведені та інші формальні методи вибору рішення не дозволяють вважати проблему прийняття рішення повністю формалізованою. Існує велика кількість проблем, для яких процес прийняття рішення неможливо формалізувати.

На рис. 81 схематично показані сторони, які треба враховувати під час вибору рішення.

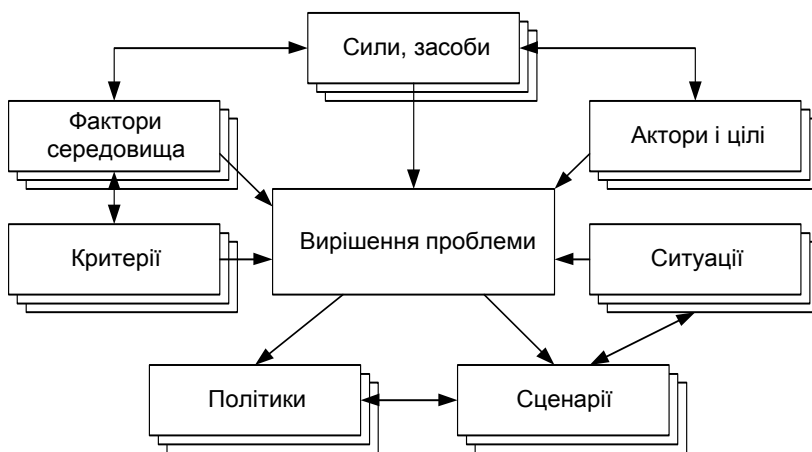


Рис. 81 - Схема сторін, що враховуються під час вирішення проблеми

Контрольні запитання

1. Яку роль має вміння мислити , творчо вирішувати поставлені завдання в системному аналізі ?
2. Чим відрізняється постановка проблеми в системному аналізі від постановки проблеми в інших наукових дисциплінах?
3. Чим зумовлене те, що перше формулювання проблеми в системному аналізі не є остаточним?

4. Як на вирішення проблеми впливає те, що система не є ізольованою, а пов'язана з іншими системами?

5. Наведіть приклади, коли вирішення проблеми в системі впливає на інші системи?

6. Чому формулювання проблеми в системному аналізі вважають найбільш відповідальним кроком для її вирішення?

7. Чим зумовлено, що проблема, яка виникла в системі, може бути перенесена на ряд завдань відносно підсистем?

8. Поясніть, в якій мірі постановка проблеми в системному аналізі залежить від точки зору особи, яка її ставить.

9. Що розуміють, коли стверджують, що цілі є іншою, зворотною стороною проблеми?

10. Які цілі називають об'єктивними, а які суб'єктивними?

11. У чому полягає суб'єктивність цілей?

12. Сформулюйте, які цілі називають об'єктивними.

13. Назвіть причини, що зумовлюють складність формулювання цілей.

14. Що розуміють під поняттям ієрархія цілей?

15. Які системи цінностей Ви знаєте?

16. Перелічіть основні ознаки технократичної системи цінностей?

17. Назвіть основні ознаки гуманістичної системи цінностей?

18. У чому полягає взаємозумовленість цілей?

19. Які можуть бути причини того, що поставлені цілі досягнуто, а проблема не вирішена?

20. Наведіть приклади підміни цілей засобами їх досягнення.

21. Чи залишаються цілі незмінними протягом часу, як це може вплинути на вирішення проблеми?

22. Чим небезпечне змішування цілей?

23. Яке співвідношення існує між цілями і критеріями їх досягнення?

24. Чим зумовлюється багатокритеріальність завдань системного аналізу?

25. Які методи приведення багатокритеріальної задачі до задачі з одним критерієм Ви знаєте?

26. Поясніть значення поняття альтернатива.

27. Які прийоми існують для підвищення ефективності розробки альтернатив вирішення проблеми?

28. Поясніть, що розуміють під терміном “особа, яка приймає рішення”?

29. Ознайомтесь, згідно із запропонованою літературою, з використанням методів синектики, ділових ігор, мозкового штурму, використання алгоритмів винаходу для відшукування альтернатив вирішення проблеми.

Тлумачний словник термінів. Основні поняття і визначення

Абстрактні (ідеальні) системи – системи, створені нашим мисленням, продукти розумової діяльності.

Абстракція означає таку форму пізнання, в якій уявно виділяють суттєві властивості й зв'язки предмета і відокремлюють їх від інших випадкових, не суттєвих у даному аспекті властивостей і зв'язків.

Агностицизм – філософське вчення, що заперечує можливість пізнання об'єктивного світу та досягнення істини на зразок: світ є річ у собі, яку неможливо пізнати. Відчуття - це відбиток, тіні навколишнього світу, ми можемо пізнавати тільки їх, але це ні в якій мірі, не навколишній світ. У нашій свідомості він тільки відображується через відчуття.

Агрегат (від лат. aggrego –приєднання) – об'єднання частин, вузлів чи машин, які спільно виконують одну функцію.

Агрегація (агрегатування) – об'єднання декількох розрізнених елементів в одне ціле, встановлення бажаних відношень на заданій множині елементів.

Адаптивна активність - здатність системи пристосовуватись до умов навколишнього середовища, механізми, властиві системі для пристосовування до умов навколишнього середовища.

Адаптуюча активність - здатність системи змінювати навколишнє середовище, пристосовувати його до своїх потреб.

Адекватність (від лат. – відповідний, рівний, тотожний) - правильне відображення в моделі суттєвих зв'язків і відношень об'єкта моделювання.

Адекватність моделі – здатність моделі дати правильну відповідь на запитання відносно об'єкта моделювання.

Адреса файла - шлях пошуку файла.

Алгоритм – певні правила, встановлений порядок виконання певних дій.

Алгоритмічність діяльності – виконання дій, що складаються з окремих кроків, виконуються у певній послідовності.

Альтернатива –напрямки можливої діяльності в момент прийняття рішення.

Аналіз (грецьке analysis – розкладання, розчленування) –метод наукового дослідження, який полягає в уявному або реальному розчленуванні цілого на складові частини, вивчення цих частин.

Аналіз і синтез – діалектично протилежні процеси уявного або реального розчленування цілого на частини, об'єднання частин в одне

ціле. Діалектично протилежні тому, що один процес заперечує інший, але вони виступають разом і один без одного втрачають зміст.

Аналітичні моделі – моделі, призначені для вивчення систем теоретичними методами, засобами алгебри, математики.

Атрибут сутності - одна з характеристик чи властивостей сутності, наприклад, прізвище, рік народження, посада, тип тролейбуса і т.п.

Атрибути файла - ім'я файла (власне ім'я і розширення), адреса, а також розмір, дата створення і ознака файла.

Байт – кількість інформації, рівна 8 бітам.

Біт - найменша кількість інформації, що міститься в повідомленні про те, в якому з двох можливих станів знаходиться об'єкт.

Вектор глобальних пріоритетів - об'єднана оцінка ряду альтернатив за всіма показниками в числовому значенні.

Векторів локальних переваг - оцінка ряду альтернатив за одним показником.

Вибір – дія, що реалізує підпорядкованість всієї діяльності певній цілі або сукупності цілей.

Вибір за певним критерієм – метод вибору, при якому орієнтуються тільки на один критерій.

Види ієрархій: домінантна повна ієрархія; домінантна неповна ієрархія; холярхія.

Вимірювання - алгоритмічна дія, яка відповідно до деякого стану об'єкта ставить певне позначення, число, номер, назву або символ.

Випадковий індекс - індекс узгодженості, розрахований для матриці, елементи якої згенеровані випадковим методом (наприклад, генератором випадкових чисел, розподілених за рівномірним законом).

Виходи системи – результат діяльності системи, те, що вона створює, у що перетворює вхідні величини відповідно до своїх функцій.

Відкрита система – система, яка активно обмінюється з навколишнім середовищем речовиною, енергією та інформацією.

Відносність класифікації – віднесення системи до тієї чи іншої групи залежно від точки зору; існування систем, які займають проміжне місце в даній класифікації.

Відношення узгодженості дорівнює відношенню індексу узгодженості до випадкового індексу.

Відображення – притаманна всім об'єктам органічної та неорганічної природи властивість, яка виявляється у тому, що стан одного об'єкта знаходиться залежно від стану іншого об'єкта.

Відповідальність за вибір - може бути індивідуальною чи груповою.

Внутрішні дуги – дуги, що зв'язують блоки робіт між собою відповідно до логіки функціонування системи.

Входи системи – це те, що система використовує для своєї діяльності, з чим вона працює і що перетворює.

Генетичне дослідження (генетичний опис) - вивчення походження системи, процесів її формування, розвитку.

Геоінформаційні технології – інтегровані комп'ютерні технології аналізу процесів на певних територіях, засновані на одночасному використанні географічної та предметної інформації, що зберігається у базах даних.

Гетерогенність – неоднорідність складу, те, що система складається з різних частин.

Глибина декомпозиції – визначається кількістю рівнів декомпозиції, ступенем деталізації системи.

Глобальні проблеми – проблеми, що мають загальнопланетний, загальнолюдський характер.

Головна процедура системного аналізу – побудова узагальнених моделей.

Головна процедура системного аналізу - побудова моделей систем, вивчення систем за допомогою цих моделей.

Гомоморфна модель – коли відповідність моделі та об'єкта однозначна лише в одному з аспектів.

Граф G - деяка сукупність пар елементів вершин і ребер. Вершини зображують у вигляді точки, ребра – лініями.

Декомпозиція проблеми - аналіз складових проблеми, в результаті якого одержується ієрархічне представлення проблеми.

Декомпозиція в системному аналізі відповідає аналізу в теорії пізнання. Вона полягає в розбитті системи на підсистеми, задачі на підзадачі, цілей на підцілі.

Дерево – граф, у якого відсутні цикли.

Дерево вузлів функціональної моделі - структура функцій та підфункцій системи, зображена у вигляді ієрархічної моделі

Деревовидна структура – ієрархічна структура, в якій відсутні цикли.

Динаміка розвитку – відображає розвиток системи.

Динамічні моделі – моделі, що зображають динаміку, рух, розвиток, функціонування системи.

Динамічні сигнали – матеріальні об'єкти, носії інформації, які змінюються у часі і можуть поширюватись у просторі. Як динамічні сигнали використовуються динамічні властивості силових полів, як-от звукового, електромагнітного.

Діаграма DFD (Data Flow Diagramming) – функціональна діаграма потоків даних системи.

Діаграма IDEF3 – діаграма опису послідовності процесів (Work Flow Diagramming), описує логіку роботи системи і взаємодію потоків у системі.

Діаграма декомпозиції – діаграма, на якій робота розбита на сукупність більш елементарних робіт, операцій.

Домінантний порядок - розміщення функціональних блоків зверху – вниз, зліва – направо. У верхньому лівому куті розміщується блок функції (роботи), яку вважають найбільш пріоритетною, нижче і правіше знаходяться блоки менш пріоритетних функцій.

Допоміжні ІС – це системи, призначені для підтримки прийняття рішення.

Друге начало термодинаміки – закон, згідно з яким у закритих системах ентропія може тільки зростати.

Екземпляр сутності - один з об'єктів, кожен з яких відрізняється від іншого певними атрибутами.

Екстраполяція - перенесення положень деякої формальної системи на певну змістовну систему.

Елемент – відносно самостійна частина системи, що на даному рівні аналізу розглядається як одне ціле зі своєю поведінкою, направленою на реалізацію властивої цьому елементу функції.

Елементи діаграми опису послідовності процесів IDEF3 - роботи, дуги, перехрестя, об'єкти звертання.

Емерджентність - властивість агрегату, яка полягає в тому, що його властивості не зводяться до властивостей складових частин, а з'являються нові, характерні тільки для даного об'єднання (emergence англ. – несподіване виникнення).

Ентропія – характеристика, яка показує ступінь безпорядку системи, її неупорядкованість, хаотичність.

Ентропія в теорії інформації виявляє невизначеність, брак інформації.

Єдність світу – поняття, що пояснює світ як одне ціле, що має одну першооснову і підпорядковане одним законам.

Завершеність декомпозиції - визначається компромісом вимог простоти і повноти створеної моделі.

Закрита система – система, в якій обмін речовиною, енергією та інформацією з середовищем обмежений або відсутній.

Залежні сутності – сутності, що залежать від інших. Для залежних сутностей визначається батьківська і дочірня сутність.

Засоби розробки програм роботи з базами даних - мови програмування, а також засоби створення моделей даних і їх подальшого використання, серед яких знаходяться і програмні засоби CASE – технологій.

Зв'язаний граф – граф, в якому для всяких двох різних вершин існує послідовний ланцюг вершин і ребер, що їх з'єднує.

Зважений граф – граф, в якому всім ребрам ставиться у відповідність певне число.

Зведення багатокритеріальної задачі до задачі з одним критерієм – ряд методів спрощення задачі вибору. Найбільш часто вводять один загальний критерій, в який входять всі показники з певними ваговими коефіцієнтами.

Зворотній зв'язок – подача вихідної величини на вхід.

Зв'язки між сутностями - логічні відношення між сутностями.

Злиття дуг - з'єднання дуг. Дуга, що утворилася, містить усі об'єкти дуг, які зливаються.

Змістовні моделі – моделі, наповнені поняттями даної предметної області. Їх будують на основі формальних моделей.

Змішані системи – системи, створені людиною, в яких важливе значення мають природні утворення.

Знаходження множини Парето – повністю формалізований метод багатокритеріального вибору, при якому шляхом попарного порівняння відкидаються альтернативи, гірші за критеріями, які піддаються порівнянню. Кращі альтернативи створюють множину Парето.

Зовнішнє функціонування - способи пристосування системи для існування в оточуючому середовищі, адаптивна і адаптуюча активності системи.

Зовнішні сутності (External Reference) - зображують об'єкти, які є джерелами вхідних даних і приймачами вихідних даних, але не входять до складу системи.

Зовнішній ключ (FK) - ключ сутності, який дозволяє відшукати екземпляр сутності, що відповідає зв'язку з екземпляром іншої сутності.

Зовнішня пам'ять - вінчестер та запам'ятовуючі пристрої на гнучких та оптичних дисках

Ідеалізм – напрямок філософії, в якому первинним вважають дух, свідомість, мислення, а матерію, природу – вторинним продуктом свідомості.

Ідеалістична точка зору – первинним є дух, свідомість, мислення, а матерія, природа – вторинний продукт свідомості.

Ідеальні моделі – моделі, що являють собою ідеальні конструкції, побудовані засобами мислення, свідомості.

Ієрархічні структури – структури, в яких елементи розміщені на різних рівнях, причому елементи i -го рівня підпорядковані елементам $i-1$ рівня, а елементи $i+1$ рівня підпорядковані елементам i рівня.

Ієрархія чи ієрархічний описом – такий опис, в якому окремі об'єкти (елементи) згруповані у незалежні групи, а між групами об'єктів установлюється зв'язок такого порядку, що об'єкти i -ї групи впливають на об'єкти $i-1$ групи i знаходяться під впливом об'єктів $i+1$ групи. Групи об'єктів розміщують одну над одною.

Ізоморфна модель - це коли існує взаємнооднозначна відповідність між елементами і зв'язками моделі та об'єкта.

Ім'я файлу - унікальне найменування файлу, яке має дві частини: власне ім'я і розширення. Власне ім'я є найменуванням файлу, розширення визначає його тип. Найменування файлу та розширення розділяються крапкою.

Іманентний елемент - властивий даній системі елемент, що відіграє у ній суттєву роль.

Імена дуг – імена, присвоєні дугам у місцях встановлених міток, скорочено позначають предмети, що відповідають дугам.

Імітаційна модель – це модель, що відтворює роботу системи і служить для вивчення поведінки системи в процесі її функціонування.

Імовірнісний опис - опис величини певною ймовірністю чи законом розподілу.

Індекс узгодженості – показник узгодженості матриці парних порівнянь.

Інтегрованість - об'єднання властивостей окремих елементів, що виступають разом у новій якості.

Інтерпретація (від лат. interpretatio – пояснення, тлумачення) - визначається як сукупність значень (змісту), які певним чином надаються елементам деякої системи, теорії чи моделі.

Інтерфейс - пристрій чи засіб, що служить для узгодження двох систем (англійською мовою - це те, що стоїть між обличчями).

Інтерфейсні дуги (Arrow) -- на діаграмах декомпозиції встановлюють зв'язки між окремими функціональними блоками (роботами). Відповідають об'єктам, що передаються від блока однієї роботи до іншої.

Інтуїтивні моделі – це моделі, які будуються на вербальному (описовому) рівні. Вони мають характер гіпотез, розуміння загальних характеристик розвитку об'єктів.

Інформаційні системи - сукупність апаратних та програмних засобів, що використовуються для вирішення конкретного прикладного завдання, зв'язаного з переробкою та використанням інформації.

Інформаційно-довідкові ІС – системи інформаційного обслуговування певного кола спеціалістів.

Кваліметричні шкали - шкала найменувань; порядкова або рангова шкала; шкала інтервалів; шкала відношень; абсолютна шкала.

Кардинальна узгодженість – умова повної узгодженості матриці порівнянь.

Каскадна модель життєвого циклу - система проходить послідовно етап зародження, розвитку, старіння і відмирання. Системи переходять з одного етапу в інший після повного завершення попереднього етапу.

Кваліметрія – наука, що вивчає властивості вимірювань.

Керуючі ІС – інформаційні системи, що виконують функції керування.

Кеш-пам'ять - надшвидка пам'ять, що знаходиться у проміжку між оперативною пам'яттю і мікропроцесором. Служить для забезпечення швидкодії мікропроцесора, оскільки оперативна пам'ять не дозволяє мікропроцесору працювати з максимальною швидкістю.

Кібернетика – у визначенні А.М.Колмогорова, наука, яка вивчає системи будь-якої природи, здатні приймати, зберігати і переробляти інформацію і використовувати її для керування та регулювання.

Кілобайт - величина інформації, що дорівнює 2^{10} (1024) байт.

Кільцева структура - лінійна структура, в якій крайні вершини зв'язані між собою.

Клас приналежності зв'язку - визначає, обов'язковим чи ні є зв'язок.

Клієнтські програми - в якості їх можуть використовуватись повнофункціональні СКБД, електронні таблиці, текстові редактори, програми електронної пошти, пошукові системи і т.п.

Ключ сутності чи ключовий атрибут - є атрибут або сукупність атрибутів, що використовуються для однозначної ідентифікації екземпляра сутності.

Ключ сутності простий – ключ, що складається з одного атрибута.

Ключ сутності складний – ключ, що складається з декількох атрибутів.

Контекстна діаграма - початкова діаграма моделі, що характеризує функції системи взагалі (без деталізації) і зв'язки системи з навколишнім середовищем.

Контекст розгляду системи - оточення, в якому розглядається система.

Конфігуратор – мінімальна сукупність мов чи сторін опису системи, достатніх для повного знання системи відповідно до цілей дослідження.

Координаційні зв'язки - зв'язки між елементами, що знаходяться на одному ієрархічному рівні.

Кореневий каталог – самий перший каталог на диску.

Критерій вибору – умова, яка дозволяє з множини альтернатив відібрати альтернативи, що якнайкраще відповідають заданій цілі.

Критерій переваг – це правило, згідно з яким альтернативі ставлять у відповідність певну величину переваги над іншими альтернативами.

Лінійна структура - структура, в якій кожна вершина зв'язана тільки з двома іншими вершинами і є дві крайні вершини.

Логічна модель даних – модель даних зображена в найбільш загальній формі, в якій встановлено логічні зв'язки між даними.

Математична модель – модель, яка містить виділені в системі кількісні властивості і встановлені співвідношення між ними.

Матеріалістична точка зору – світ матеріальний, матерія існує незалежно від нашої свідомості. Матерія первинна, нічим не створена, існує вічно. Свідомість, мислення – це властивість матерії.

Матеріальні моделі - матеріальні об'єкти, які в певному відношенні замінюють об'єкт моделювання.

Матеріальні системи – це системи, утворені засобами матеріального світу.

Матриця бінарних порівнянь – матриця, складена на основі попарних порівнянь альтернатив.

Метасистема – велика зовнішня система, до складу якої входить дана система.

Метод аналізу ієрархій (MAI) - сучасна інформаційна технологія, яка використовується для аналізу й вирішення складних проблем. Це формалізована систематична процедура ієрархічного представлення проблеми, подальшої обробки послідовності суджень і одержання кінцевого результату, вираженого числами.

Метод бінарних (чи парних) порівнянь - порівнюють попарно дві альтернативи між собою і віддають перевагу тій чи іншій.

Міжнародний інститут прикладного системного аналізу (International Institute for Applied Systems Analysis –IIASA) - створений в 1972 році. Ціллю досліджень, що виконуються в інституті, є розробка методів прогнозування і оцінки соціальних та інших аспектів науково-технічного прогресу.

Міра інформації - може визначатися двояко, з одного боку незалежно від її змісту в “бітах”, а з другого - як міра зміни ентропії системи.

Множина альтернатив – сукупність усіх можливих напрямків діяльності.

Мова опису систем в SADT технологіях - певна графічна мова зі строгими правилами.

Матриця суміжності - математичний об'єкт, зображений у вигляді прямокутної матриці, елементи якої встановлюють за певними правилами зв'язки й відношення між складовими частинами системи.

Моделі життєвого циклу: каскадна модель, спіральна модель.

Моделювання – непрямий, опосередкований метод наукового дослідження об'єктів пізнання, безпосереднє вивчення яких з певних причин неможливе, недоцільне чи ускладнене, шляхом дослідження моделі.

Модель - **М** є моделлю **О**, якщо за допомогою **М** можна одержати відповідь відносно **О** з точністю до \mathcal{E} .

Модель – матеріальна, знакова або уявна система, що відтворює, імітує чи відображає принципи внутрішньої організації, функціонування, ознаки, характеристики об'єкта дослідження, безпосереднє вивчення якого неможливе, ускладнене чи недоцільне.

Модель – спеціально створений для зручності дослідження об'єкт, який має потрібний ступінь подібності до об'єкта, що моделюється, адекватний цілям дослідження, створений суб'єктом чи особою, яка приймає рішення відносно досліджуваної системи.

Модель – деякий матеріальний чи уявний об'єкт, який за певних умов заміняє оригінал і може використовуватися для вирішення проблеми відносно об'єкта оригінала.

“Модель” моделі – складається з об'єкта моделювання, моделі та суб'єкта моделювання, які розміщені в зовнішньому середовищі.

Модель даних, заснована на ключах - описує логічну структуру даних, включає описи всіх сутностей, їх ключів і зв'язків між сутностями.

Модель сутність-зв'язок (ER Diagramming ER аббревіатура слів Essence – сутність, Relation – зв'язок, відношення) - це логічна модель, в якій дані зображуються як сутності й логічні зв'язки між ними.

Модель типу “Склад системи” - прямокутник, який обмежує границі системи, всередині якого зображені складові частини підсистеми та елементи.

Модель типу “Структурна схема” - сукупність трьох типів моделей, а саме: “Чорний ящик”, “Склад системи” й “Структура системи.

Модель типу “Чорний ящик” – прямокутник, який обмежує границі системи, в якого виділено й показано вхідні й вихідні величини.

Морфологічний аналіз - предметна форма опису системи.

Направлений граф – граф, ребра якого мають напрямок, (зображуються стрілками).

Наслідки вибору - це сукупність результатів, що реалізуються після вибору. Вони можуть бути: точно відомими, мати ймовірний характер, мати неоднозначний результат, що не допускає поняття ймовірності.

Наукові поняття - найбільш чіткі, конкретизовані визначення предметів, відношень між ними, які використовує певна наукова дисципліна.

Незв’язані граничні дуги - граничні дуги, перенесені на діаграму декомпозиції і не підведені до блоків.

Ненаправлений граф – граф, в якому напрямок ребер не відіграє ролі або його неможливо визначити.

Нормалізація логічної моделі - процес редагування сутностей та їх атрибутів з метою задоволення вимог до бажаної структурної організації даних.

Нормальна форма друга - сутність знаходиться в другій нормальній формі (2НФ) тоді, коли вона знаходиться в 1НФ і всі неключові атрибути функціонально повністю залежать від первинного ключа.

Нормальна форма перша - сутність знаходиться в першій нормальній формі (1НФ) тоді, коли всі атрибути сутності є атомарними (простими) і немає груп атрибутів, що повторюються.

Нормальна форма третя - сутність знаходиться в 3НФ, якщо вона знаходиться в 2НФ і ніякий неключовий атрибут не залежить від іншого неключового атрибута.

Об’єкт затрат – причина, ціль, для якої виконується робота, як правило, основний результат роботи, виріб, готовий продукт.

Об’єкти звертання – це об’єкти, які несуть додаткову інформацію виконання робіт або містять дані, які не можна зв’язати з роботою.

Об’єктивні цілі – стан ідеального майбутнього, до якого прагне система в своєму життєвому циклі.

Обмеженість моделей - зумовлена обмеженістю ресурсів (матеріальних, енергетичних, інформаційних, часових), які ми використовуємо для створення моделей.

Оперативна пам’ять - в ній зберігаються команди, які повинен виконувати мікропроцесор.

Оператор класифікації - має такий вигляд: ЯКЩО <умова, ознака, сукупність, умова > ТО ВІДНЕСТИ ДО <ім’я класу>.

Операційна система – пакет програм, що забезпечують роботу всіх компонентів комп'ютера і взаємодію (інтерфейс) його з користувачем.

Опосередкована подібність – подібність моделі до об'єкта, заснована на єдності законів природи, на існуючій у природі аналогії між різними явищами.

Остов графа G – дерево, яке входить в усі вершини графа G.

Перехрестя – позначають злиття чи розгалуження дуг на IDEF3 - діаграмі, відображають логічні умови, що визначають подальше виконання робіт.

Перехрестя асинхронні - вимагають виконання усіх робіт, але не обов'язково одночасного.

Перехрестя синхронні - вимагають одночасного виконання робіт.

Підграф – підграфом графа G називають граф, всі вершини й ребра якого знаходяться серед вершин і ребер графа G.

Підмножина вибраних альтернатив – це ті альтернативи з множини альтернатив, що задовольняють критерію вибору.

Пізнавальні моделі – моделі, які є формою організації та представлення знань, засобом одержання нових знань і їх об'єднання з відомими.

Повідомлення – це передача певної інформації за допомогою сигналу.

Повна адреса файлу - послідовні імена каталогів (папок), у яких розміщено файл, починаючи з імені диска, самого першого каталогу на диску (кореневого) до файла.

Повна атрибутивна модель - найбільш повна модель, яка дає повну інформацію про структуру даних, включає всі сутності, ключі, атрибути сутностей, зв'язки між сутностями.

Повнота декомпозиції – визначається здатністю моделі відповісти на поставлені запитання, повнотою формальної моделі, взятої за основу.

Повнота розгляду системи – полягає у всебічному розгляді системи, у використанні усіх потрібних та корисних моделей.

Повнофункціональні СКБД - забезпечують повний цикл робіт з базами даних: створення структури даних, розміщення даних, доступ до даних, їх зміну, розробку програм обробки даних, розробку інтерфейсів користувача.

Позначення діаграм декомпозиції – контекстна діаграма позначається A-0; декомпозиція контекстної діаграми - A0; діаграми другого рівня декомпозиції - A1, A2, A3, діаграми третього рівня декомпозиції – літерою A з подвійними цифрами A11, A12, A13,... для наступних рівнів додається ще одна цифра і т.д.

Порядкова (рангова) шкала - відноситься до слабких шкал, виникає, коли з'являється можливість порівнювати об'єкти за будь-якою ознакою в розумінні більше – менше, краще – гірше, об'єкти можна розмістити в порядку збільшення чи зменшення якої-небудь ознаки.

Порядкова узгодженість полягає в тому, що елементи матриці парних переваг повинні несуперечливо відображати співвідношення з третьою альтернативою.

Постійна пам'ять - призначена для розміщення і зберігання інформації, необхідної для початку роботи комп'ютера після його ввімкнення.

Потоки даних - матеріальні потоки та інформаційні потоки в системі.

Поточна адреса файлу – адреса, записана відносно робочого каталогу.

Правильність моделі - загальне поняття означає, що модель повністю відповідає дійсності. Судити про правильність моделі ми не завжди можемо і користуємось більш вузьким поняттям, а саме поняттям адекватності.

Прагматичні моделі – моделі, що є засобом регулювання практичної діяльності, служать для певних практичних цілей, є стандартами, зразками, законом тощо.

Практичне значення системного аналізу - полягає у тому, що він є методологією і практикою цілеспрямованого перетворення як самої людини, так і навколишнього світу.

Призначення операційної системи - забезпечити роботу усіх складових частин комп'ютера, забезпечити діалог комп'ютера з користувачем.

Прикладні програми - програми, що служать для вирішення певних завдань.

Принцип “суттєвості” - у модель включають тільки компоненти, суттєві по відношенню до цілей аналізу.

Принцип багатомірності – вивчення різних характеристик систем, опис систем сукупністю характеристик.

Принцип багатоплановості – вивчення системи як самостійної одиниці з різних сторін.

Принцип вибору рішення – система, що має змогу вибирати одну із декількох альтернатив своєї роботи чи поведінки.

Принцип динамічності – розгляд системи в рухові й розвитку.

Принцип ієрархічності – розгляд системи як складної структури з різними рівнями, між якими встановлюються певні зв'язки.

Принцип цілісності побудови моделі - полягає в тому, що модель повинна відображати систему повністю з урахуванням усіх її функцій.

Природні системи - природні утворення, існуючі незалежно від людини.

Проблема – складне теоретичне або практичне завдання, яке вимагає свого вирішення, але наявних в даній системі засобів його вирішення недостатньо.

Прогностичний опис (дослідження, аналіз) - розгляд перспектив майбутнього розвитку системи, її можливих станів.

Простота декомпозиційної моделі – оцінюється розмірами дерева декомпозиції в глибину і ширину.

Процес нормалізації - полягає в послідовному приведенні структури даних до якомога вищої нормальної форми.

Пряме співвідношення подібності – матеріальні моделі, створені такими ж, як об'єкти моделювання, подібними до них.

Реляційна модель даних – модель, в якій дані записують в окремі таблиці, а між цими таблицями встановлюються певні зв'язки.

Роботи (Activity) – елементи функціональних діаграм, що означають певні роботи, функції, завдання. Зображаються прямокутниками.

Роботи в DFD діаграмах - зображають функції перетворення даних в системі, в тому числі матеріальних об'єктів і інформації.

Робочий каталог – каталог, в якому знаходиться файл, з яким у даний момент часу працює система.

Робочий стіл - головне вікно, з якого розпочинається робота на комп'ютері.

Розгалуження дуг – розчеплення дуги на декілька дуг. Дугам після розчеплення відповідають всі, або частина об'єктів дуги до розгалуження.

Розмір файла – кількість інформації в байтах, що міститься у файлі.

Розпливчастий опис - виникає у випадках, коли неможливо чітко розрізнити два стани, не можна сказати, об'єкт знаходиться в стані А чи В (відноситься до класу А чи В).

Рушійні сили затрат – характеристики входів, керування та механізмів роботи, що впливають на те, як виконується робота, скільки вона триває.

Семантичні моделі - знакові моделі, в яких встановлено певні знаки й співвідношення між ними і які записуються і зберігаються у вигляді сукупності знаків.

Сервери баз даних - це програми, призначені для обробки даних, пошуку в них, тобто для керування базами даних, розміщеними на комп'ютерах-серверах.

Середовище опосередкованої дії - системи, безпосередньо з якими дана система не взаємодіє, але вони через існуючі зв'язки впливають на функціонування системи.

Середовище прямої дії - навколишні системи, з якими безпосередньо взаємодіє система.

Сигнал –матеріальний носій інформації, стан якого містить певні відомості, засіб передачі інформації в просторі та часі.

Сильні шкали - шкала інтервалів; шкала відношень; абсолютна шкала.

Синтез (грецьке synthesis – з'єднання, складання) – метод вивчення предмета в цілісності, єдності й взаємозв'язку його частин. Це з'єднання (уявне чи реальне) різних об'єктів, елементів в одне ціле (систему).

Система –множина елементів, що знаходяться в певних співвідношеннях і зв'язках один з одним, взаємодіють між собою, утворюють певну цілісність, і як ціле взаємодіють із навколишнім середовищем.

Системи, здатні обирати ціль і прагнути до неї, – це системи, що самостійно вибирають ціль і прагнуть до неї.

Системи, призначені для певної цілі, – це системи, які мають певну ціль свого існування, створені для певної цілі та функціонують завжди так, щоб виконати цю ціль.

Системний підхід – напрямок дослідження, вивчення світу, в основі якого лежить розгляд об'єктів як системи.

Системність – загальна властивість навколишнього світу, яка полягає в об'єктивно існуючій єдності світу, його структурованості та взаємозв'язку.

Системність пізнання - наші знання про світ являють собою взаємозв'язану систему відомостей, уявлень і моделей навколишнього світу.

Сітьова структура – різновид ієрархічної структури, в якій можливі зв'язки через декілька рівнів і допускається наявність циклів.

СКБД - система керування базами даних.

Співвідношення правильного і неправильного в моделі. - крім істинного, правильного, в моделі завжди є дещо неправильне, дещо таке, що не відповідає об'єкту моделювання. Співвідношення правильного і неправильного по-різному виявляється у пізнавальних та прагматичних моделях.

Спіральна модель життєвого циклу – система проходить послідовно етапи зародження, розвитку, відмирання, ці етапи багаторазово повторюються, розвиток здійснюється по спіралі.

Спрощеність моделі - впливає з її обмеженості, раз модель створена обмеженими засобами, то вона повинна бути спрощена.

Стабільна модель – модель, що проходить цикл автор – читач без зміни.

Статичний сигнал - матеріальні об'єкти, носії інформації, стан яких можна задати і після цього він залишається незмінним протягом довгого проміжку часу. Статичні сигнали використовують для збереження інформації, як носії незмінної інформації.

Статті затрат - стандартизовані, узаконені напрямки видатків.

Структура (різновид агрегату) - сукупність певним чином об'єднаних елементів. Весь навколишній світ - сукупність різноманітних структур.

Структура системи - сукупність необхідних і достатніх для досягнення цілі системи відношень і зв'язків між елементами.

Структурний аналіз - виявлення зв'язків між складовими частинами системи.

Структурованість – складність будови систем, їх дискретність та упорядкованість.

Ступінь зв'язку (потужність зв'язку) - може бути один до одного (1:1), один до багатьох (1:M, чи 1:∞), багато до одного (M:1, чи ∞:1), багато до багатьох (M:M, чи ∞:∞).

Ступінь організованості системи - визначається тим, наскільки властивості системи відрізняються від властивостей її складових частин, емерджентністю.

Ступінь складності системи - на кількох структурних рівнях розміщені складові частини системи.

Ступінь узгодженості цілей зумовлює: кооперативний вибір, вибір у конфліктній ситуації або проміжній ситуації.

Суб'єктивна ціль – ціль, поставлена суб'єктом, який створив систему.

Субординаційні зв'язки – зв'язки між елементами, розміщеними на різних ієрархічних рівнях.

Субстрактний аналіз - виявлення елементного складу системи.

Сутність - об'єкт, що має важливе значення в певній предметній галузі.

Сховища даних - служать для опису даних, що тимчасово не використовуються, знаходяться в незмінному, нерухомому стані, зберігаються деякий час.

Теорія систем - область наукового знання про навколишній світ, сукупність систем різної складності та різного рівня, що взаємодіють між собою.

Теплова смерть – процес зростання ентропії, який призводить до старіння, розпаду, загибелі замкнутих систем. Замкнуті системи прагнуть до дифузного, неупорядкованого стану, в якому зникає будь-яка структурованість, направлений обмін речовиною, енергією.

Тип зв'язку між залежними сутностями - може бути ідентифікуючим чи не ідентифікуючим.

Типи моделей даних - ієрархічна, сіткова, реляційна, постреляційна, багатомірна, об'єктно - орієнтована, квадратомічна.

Типи перехресть - синхронні й асинхронні.

Типи функціональних моделей - IDEF0, DFD, IDEF3.

Типи зв'язку між функціональними блоками - керування, вхід – вихід, зворотній зв'язок по керуванню, зворотній зв'язок по входу, вихід – механізм.

Точка зору - визначається особою, з погляду якої розглядається система.

Трансцендентні системи - системи, що знаходяться поза нашою свідомістю.

Тунелювання - умовне позначення дуг без безпосереднього нанесення їх на діаграму. Використовується для спрощення читання діаграм.

Умова достатності - полягає в тому, що дана глибина розгляду достатня для вирішення поставленої цілі моделювання.

Умова необхідності - полягає у тому, що в модель включають тільки елементи, необхідні для виконання системою своїх функцій. Вона дозволяє виявити суттєві елементи й відділити їх від несуттєвих.

Умовна подібність – використовується там, де не можна встановити ні прямої подібності, ні опосередкованої. Тут подібність встановлюють на основі певних правил, домовленостей.

Умовний екстремум – метод вирішення задачі вибору, коли шукають екстремум за головним критерієм, пізніше за іншими критеріями за умови, що головний критерій змінюється незначно.

Універсальні проблеми - проблеми локальних систем чи мікросистем, такі як, наприклад, проблеми розвитку міст, великих підприємств, окремих галузей промисловості тощо.

Універсальність мови, як засобу побудови моделей - полягає в тому, що мова допускає застосування ієрархічної побудови моделей, а саме: слово, речення, текст.

Файл – це іменована область на носії інформації.

Файлова система – програми, що забезпечують розміщення інформації на носіях у вигляді файлів і роботу з нею.

Фізична модель даних – модель даних, реалізована у вигляді опису бази даних.

Формальна модель “Структурна схема” - включає в себе елементи системи, зображені точками і зв'язки між ними, зображені лініями, або лініями зі стрілками. Як елементи моделі “Структурна схема” розглядають усі складові частини системи.

Формальні моделі - моделі, подані у формальному, описовому вигляді, в який входять головні ознаки, за якими дана модель суттєво відрізняється від інших.

Формальні моделі - це окремі типи моделей, подані у формальному,

Фрейми - повні формальні моделі систем.

Функціональна декомпозиція – процес розбиття функції системи (підсистеми) на підфункції, в результаті якого одержується ієрархічна структура функцій системи .

Функціональна модель – модель, призначена для аналізу функціонування технічних та організаційних систем, відображає процеси в системі, взаємодію її частин у процесі функціонування.

Функціональний блок – елемент функціональної моделі, яким виступає окрема функція (робота, ціль чи завдання) системи.

Функціонально-вартісний аналіз (ФВА) - розрахунок затрат системи з урахуванням її функцій.

Характеристики комп'ютера - швидкодія (тактова частота), розрядність, об'єм оперативної пам'яті і об'єм пам'яті вінчестера. У сучасних комп'ютерів середнього класу тактова частота - порядку 1700 МГц, розрядність - 128, об'єм оперативної пам'яті - 128 - 256 Мбайт, об'єм вінчестера - 40 – 80 Гбайт.

Центри затрат - можна трактувати як статті затрат, тобто затрати на конкретні узаконені цілі.

Цикл (характеристика графа) - всяка замкнута послідовність вершин та ребер.

Цикл автор-читач - аналіз моделі експертом (читачем), внесення поправок розробником (автором).

Цілісність - об'єднання частин, яке по відношенню до навколишнього оточення виступає як одне ціле.

Шкала відношень - величину можна вимірювати в числових значеннях, які відповідають аксіомам адитивності, існує нульове значення величини.

Шкала інтервалів – шкала, в якій зафіксовані величини інтервалів, але величина, що відповідає початку шкали, є умовною, наприклад, шкала літочислення.

Шкала найменувань – відносять до слабких шкал, виникає, коли порівняти об'єкти ми можемо тільки таким чином, що відносимо до певного класу еквівалентності (присвоюємо їм певні найменування).

Шкала Сааті – 9 бальна шкала, за якою виконують оцінку переваг однієї альтернативи над іншою.

Шкала часткового порядку – виникає, коли з усієї множини об'єктів є деякі пари, які неможливо порівняти між собою, а інші можна.

Штучні системи – системи, створені людиною.

Якісна визначеність – сукупність елементів, яка має свої якісні ознаки, характерні тільки для даної системи й відсутні в інших системах.

CASE – технології – комп'ютерні засоби проектування інформаційних систем (Computer-Aided Software System Engineering).

CMOS пам'ять – окремий блок пам'яті, що живиться від акумулятора і зберігає основні дані комп'ютера та файлової системи вінчестера.

ФЕО-діаграми – окремі діаграми, що служать тільки для ілюстрації, для експозиції.

ICOM коди – скорочене позначення дуг залежно від їх функцій: I – Input (вхід), C – Command (керування), O – Output (вихід), M – Mechanism (механізм).

SADT методологія – методологія структурного аналізу та проектування (Structured Analysis and Design Technique).

Список літератури

1. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. - М.: Высш. школа, 1989. - 367 с.
2. Лямец В.И., Тевяшев А.Д. Системный анализ. Вводный курс: Уч. пособие. - Харьков: ХТУРЭ, 1998. - 252с.
3. Спицнандель В.Н. Основы системного анализа: Уч. пособие. – СПб.: Изд.дом «Бизнес-пресса», 2000. – 326 с.
4. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. – СПб: Изд-во СПбГТУ, 1997. - 510 с.
5. Волкова В.Н. и др. Теория систем и методы системного анализа в управлении и связи. – М.: Радио и связь, 1983. – 248 с.
6. Павлов А.А., Гриша С.Н. и др. Основы системного анализа и проектирования АСУ: Уч. пособие. – К.: Вища школа, 1991. – 367 с.
7. Валуева С.А. Системный анализ в экономике и организации производства: Уч. пособие. – Л.: Политехник, 1991. – 398 с.
8. Миротин Л.Б., Ташбаев Ы.Э. Системный анализ в логистике: Учебник . – М.: Экзамен, 2002. - 480 с.
9. Месарович М., Такахара И. Общая теория систем. Математические основы. – М.: Мир, 1978 - 344 с.
10. Моисеев Н.Н. Математические основы системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 487 с.
11. Брук В.М., Николаев В.И. Начала общей теории систем. – Северо-Западный заочн. политехн. ин-тут, 1977 – 63 с.
12. Моисеев Н.А. Математические задачи системного анализа: Курс лекций МГУ – М.: Наука, 1981. – 488 с
13. Директор С., Рорер Р. Введение в теорию систем. - М.: Мир, 1974. – 464 с.
14. Скибенко И.Т. Конспекты лекций по курсу «Теория больших систем». – Харьков: ХАИ, 1982. – 232 с.
15. Бусленко Н.П., Калашников В.В., Коваленко И.Н. Лекции по теории сложных систем. – М.: Сов.радио, 1973. – 440 с.

16. Фигурнов IBM PC для пользователя./Изд. 6–е перераб. и доп. – М.: ИНФРА, 1995 – 423 с.
17. Зиндер Е.З. Бизнес - реинжиниринг и технологии системного проектирования: Уч. пособие.- М.: Центр информационных технологий, 1996.
18. Калянов Г.Н. CASE структурный системный анализ. М.: Лори, 1996.
19. Вендров А.М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. – М.: Финансы и статистика. 1998. –176 с.
20. Вендров А.М. Один из подходов к выбору средств проектирования баз данных и приложений // СУБД. - 1995. - №3.
21. Маклаков С.В. BPwin и ERwin. CASE-средства разработки информационных систем. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1999 –256 с.
22. Марка Д.А., Мак Гоуэн К. Методология структурного анализа и проектирования.- М.: Мета Технология, 1993.
23. Горин С.В., Тандоев А.Ю. CASE-средство S-Designor 4.2 для разработки структуры базы данных // СУБД – 1996. - №1.
24. Горин С.В., Тандоев А.Ю. Применение CASE-средства Erwin 2.0 для информационного моделирования в системах обработки данных // СУБД. – 1995. - №3.
25. Горчинская О. DESIGNER/2000 - новое поколение CASE-продуктов фирмы ORACLE // СУБД. – 1995. - №3.
26. IEEE Std 1209-1992. IEEE Recommended Practice for the Evaluation and Selection of CASE Tools.
27. IEEE Std 1348-1995. IEEE Recommended Practice for the Adoption of CASE Tools.
28. Международные стандарты, поддерживающие жизненный цикл программных средств. М.: Экономика, 1996.
29. Сычевский М. Использование BPwin в колсантинговых проектах //Компьютер Пресс.- 2002. –1.
30. Хомоненко А.Д., Цыганков В.М., Мальцев М.Г. Базы данных. Учебник – СПб.: КОРОНА - принт, 2000. – 416 с.

31. Коменова М., Громов А., и др. Моделирование бизнеса. Методология ARIS. - М.: ОАО Весть-Мета Технология, 2001. –327 с.
32. Август – Вильгельм Шеер. Бизнес – процессы. Основные понятия. Теория. Методы / Пер. с англ. – М.: АОЗТ Просветитель, 1999. – 152 с.
33. Август – Вильгельм Шеер. Моделирование бизнес – процессов /Пер. с англ. – М.: ОАО Весть-Мета Технология 2000. –205 с.
34. Новоженев Ю.В. Объектно-ориентированные технологии разработки сложных программных систем. - М.: Аргуссофт, 1996
35. Панащук С.А. Разработка информационных систем с использованием CASE-системы Silverrun // СУБД. – 1995. - №3.
36. Петров Ю.К. JAM - инструментальное средство разработки приложений в информационных системах архитектуры "клиент/сервер", построенных на базе РСУБД // СУБД. – 1995- №3.
37. Шлеер С., Меллор С Объектно-ориентированный анализ: моделирование мира в состояниях. – М.: Диалектика, 1993.
38. Гаек Я., Шидак З. Теория ранговых критериев. - М.: Наука, 1971. - 265 с.
39. Евланов Л.Г. Теория и практика принятия решений. – М.: Экономика, 1984.
40. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1993. -320 с.
41. Саати Т., Кернес К. Аналитическое планирование. Организация систем / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1991. -224 с.
42. Месарович М., Мако Дю., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973. - 344 с.
43. Беталанфи Л. Общая теория систем. – М.: Мир, 1968.- 433 с.
44. Энциклопедия кибернетики. – Киев: Укр. энц., 1975.
45. Сорока К.О. Основи теорії систем та системного аналізу: Методичні вказівки до виконання практичних та лабораторних робіт з курсу – Харків: ХДАМГ, 2000. - 46 с.

Зміст

Вступ.....	3
Розділ 1. Предмет і методи теорії систем та системного аналізу.....	5
1. Системність світу.....	5
2. Зміст предмета “Основи теорії систем і системного аналізу”.....	12
3. Цілі системного аналізу.....	13
Контрольні запитання.....	15
Розділ 2. Система та її властивості.....	16
1. Поняття системи.....	16
2. Властивості систем.....	16
3. Система і проблема.....	21
Контрольні запитання.....	23
Розділ 3. Класифікація систем.....	24
1. Принципи класифікації систем.....	24
2. Класи і підкласи систем.....	27
Класифікація систем за походженням.....	27
Класифікація за характером зв’язків з навколишнім середовищем.....	29
Класифікація систем за складністю.....	30
Класифікація за принципами поведінки.....	31
Класифікація систем за ступенем організованості.....	32
Принцип ресурсної забезпеченості.....	34
Класифікація за характером цілей.....	35
Класифікація за описом змінних.....	36
Класифікація за типом операторів системи.....	36
Класифікація за способом керування.....	37
Контрольні запитання.....	39
Розділ 4. Початкові кроки системного аналізу.....	41
1. Формалізовані процедури й алгоритми системного аналізу.....	41
2. Формування цілей аналізу, точки зору та контексту розгляду системи.....	43
3. Опис системи на вербальному рівні.....	47
Історична форма опису системи.....	47
Предметна форма опису системи.....	48
Функціональна форма опису системи (функціональний аналіз).....	51
Контрольні запитання.....	52
Розділ 5. Моделювання у системному аналізі.....	54

1. Визначення моделі.....	54
2. Цілі моделювання. Класифікація моделей за ціллю моделювання.....	56
3. Засоби побудови моделей. Класифікація моделей за матеріалом, з якого побудована модель.....	59
4. Матеріалістичне й ідеалістичне розуміння світу.....	64
5. Властивості моделей.....	65
6. Умови реалізації властивостей моделі.....	68
Контрольні запитання.....	71
Розділ 6. Моделі систем.....	73
1. Формальні й змістовні моделі.....	73
2. Модель типу „Чорний ящик”.....	74
3. Модель типу “Склад системи”.....	78
4. Модель типу “Структура системи”.....	82
5. Модель “Структурна схема системи”.....	86
6. Динамічні моделі.....	87
7. Моделі зовнішнього середовища.....	89
Контрольні запитання.....	91
Розділ 7. Формалізовані процедури системного аналізу.....	93
1. Аналіз та синтез у теорії пізнання і системному аналізі.....	93
2. Декомпозиція і агрегація.....	93
3. Процедура декомпозиції. Алгоритм декомпозиції.....	94
4. Поняття фреймів.....	95
5. Агрегатування.....	98
6. Форми агрегатів.....	101
Контрольні запитання.....	103
Розділ 8. Застосування сучасної обчислювальної техніки при побудові моделей системного аналізу.....	105
1. Огляд історії розвитку обчислювальної техніки.....	105
2. Операційна система комп’ютера.....	108
3. Файлова система і робота з файлами.....	109
4. Прикладні програми загального використання та системного аналізу.....	112
Контрольні запитання.....	113
Розділ 9. Функціональна модель системи.....	115
1. Задачі системного аналізу, що вирішуються за допомогою комп’ютерних технологій.....	115
2. Характеристики CASE технологій.....	116
3. Функціональна модель системи. Функціональні діаграми IDEF0.....	121
4. Побудова функціональної моделі системи (моделі IDEF0)..	127

5	Діаграма потоків даних (DFD діаграма).....	140
6.	Діаграми опису послідовності процесів IDEF3 (Work Flow Diagramming).....	144
	Контрольні запитання.....	150
Розділ 10. Організація роботи по створенню функціональної моделі.....		152
1.	Моделі життєвого циклу.....	152
2.	Розробка функціональної моделі складних систем.....	155
3.	Бланк діаграми.....	158
4.	Виконання синтаксичного аналізу діаграми.....	160
	Контрольні запитання.....	161
Розділ 11. Функціонально-вартісний аналіз систем.....		163
1.	Завдання функціонально-вартісного аналізу.....	163
2.	Загальні положення виконання функціонально-вартісного аналізу на основі функціональної моделі системи.....	164
3.	Порядок виконання функціонально-вартісного аналізу за допомогою пакету програм Vrwip.....	166
4.	Одержання звіту по функціонально-вартісному аналізу.....	170
5.	Аналіз функціональної моделі.....	171
	Контрольні запитання.....	175
Розділ 12. Інформація і система. Інформаційні моделі систем.....		177
1.	Поняття інформації. Роль інформації в системі.....	177
2.	Вивчення інформаційної сторони системи. Інформаційні моделі системи.....	182
3.	Поняття інформаційної системи.....	183
4.	Моделі даних типу сутність-зв'язок (ERD-моделі).....	186
5.	Логічна і фізична моделі даних.....	197
6.	Приклад створення логічної моделі даних.....	198
7.	Підсумки використання комп'ютерних методів у системному аналізі.....	205
	Контрольні запитання.....	206
Розділ 13. Роль експерименту і вимірювань в системному аналізі.....		208
1.	Значення експерименту в системному аналізі.....	208
2.	Кваліметрія і кваліметричні шкали.....	211
3.	Шкала найменувань.....	211
4.	Порядкові (рангові) шкали.....	213
5.	Шкала інтервалів.....	215
6.	Циклічна шкала.....	216
7.	Шкала відношень.....	216
8.	Абсолютна шкала.....	217

9. Інші результати вимірювань. Розпливчастий опис.....	218
10. Імовірнісний опис.....	218
Контрольні запитання.....	220
Розділ 14. Основні поняття теорії прийняття рішень. Метод парних порівнянь.....	222
1. Основні поняття теорії прийняття рішення.....	222
2. Вибір рішення за певним критерієм.....	224
3. Зведення багатокритеріальної задачі до задачі з одним критерієм.....	224
4. Знаходження умовного максимуму.....	225
5. Пошук альтернатив із заданими властивостями.....	226
6. Метод бінарних (парних) порівнянь. Шкала Сааті.....	226
7. Матриця бінарних порівнянь.....	228
Контрольні запитання.....	232
Розділ 15. Метод аналізу ієрархій.....	234
1. Поняття ієрархії.....	234
2. Сутність методу аналізу ієрархій.....	236
3. Порядок виконання МАІ, приклад використання для вирішення проблеми.....	238
Контрольні запитання.....	252
Розділ 16. Неформалізовані методи системного аналізу.....	254
1. Формулювання проблеми.....	254
2. Виявлення цілей.....	256
3. Формулювання критеріїв.....	261
4. Генерація альтернатив.....	263
5. Прийняття рішення.....	263
Контрольні запитання.....	264
Тлумачний словник термінів. Основні поняття і визначення.....	266
Список літератури.....	284
Зміст.....	287

Навчальне видання

Сорока Костянтин Олексійович

Основи теорії систем і системного аналізу

Навчальний посібник

Редактор М.З. Аляб'єв

Коректор З.І. Зайцева

План 2003, поз. 63

Підп. до друку <u>30.12.2003</u>	Формат 60х84 1/16	Папір офісний.
Друк на ризографі.	Умовн.-друк. арк. 7,8.	Обл.-вид. арк. 19,0
Зам. № _____	Тираж <u>500</u> прим.	Ціна договірна

61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12

Сектор оперативної поліграфії ІОЦ ХНАМГ

61002, Харків, вул. Революції 12.